La biotechnologie au service d'une production plus propre au Canada

Auteur - Industrie Canada - Direction générale des sciences de la vie

Date de diffusion - 2000-10-24

Table des matières

Remerciements

Préface

Sommaire

1. Introduction

2. Méthodologie

3. Consommation d'énergie et émissions de gaz à effet de serre et de substances polluantes dans certains secteurs

3.1 Consommation d'énergie

3.1.1 Consommation d'énergie dans l'industrie

3.1.2 Consommation d'énergie dans les transports

3.2 Émissions de gaz à effet de serre

3.2.1 Émissions de gaz à effet de serre par l'industrie

3.2.2 Émissions de gaz à effet de serre par le secteur des transports

3.3 Émissions de substances polluantes

3.4 Importance relative des secteurs susceptibles d'être influencés par la biotechnologie

4. Description des secteurs

4.1 Le secteur des produits chimiques et des plastiques au Canada

4.1.1 Produits chimiques industriels

4.1.1.1 Applications de la biotechnologie

4.1.1.2 Capacité de recherche et de développement

4.1.1.3 Capacité de réception

4.1.2 Produits de chimie fine et spécialités chimiques

4.1.2.1 Applications de la biotechnologie

4.1.2.2 Capacité de recherche et de développement

4.1.2.3 Capacité de réception

4.1.3 Produits chimiques agricoles

4.1.3.1 Applications de la biotechnologie

4.1.3.2 Capacité de recherche et de développement
4.1.3.3 Capacité de réception
4.1.4 Préparations chimiques
4.1.5 Évaluation du secteur
4.2 Le secteur forestier au Canada
4.2.1 Foresterie et industrie des ressources forestières
4.2.1.1 Applications de la biotechnologie
4.2.2 Industrie des pâtes et papiers
4.2.2.1 Applications de la biotechnologie
4.2.3 Industrie des produits du bois
4.2.3.1 Applications de la biotechnologie
4.2.4 Capacité de recherche et de développement
4.2.5 Capacité de réception
4.2.6 Évaluation du secteur
4.3 Le secteur de l'énergie au Canada
4.3.1 Combustibles fossiles
4.3.1.1 Applications de la biotechnologie
4.3.1.2 Capacité de recherche et de développement
4.3.1.3 Capacité de réception
4.3.1.4 Évaluation du secteur
4.3.2 Production d'énergie à partir des ressources renouvelables tirées de la biomasse
4.3.2.1 Applications de la biotechnologie
4.3.2.2 Capacité de recherche et de développement
4.3.2.3 Capacité de réception
4.3.2.4 Évaluation du secteur
4.4 Le secteur minier au Canada
4.4.1 Applications de la biotechnologie
4.4.2 Capacité de recherche et de développement
4.4.3 Capacité de réception
4.4.4 Évaluation du secteur
4.5 Le secteur de la transformation des aliments et des boissons au Canada
4.5.1 Applications de la biotechnologie
4.5.2 Capacité de recherche et de développement
4.5.3 Capacité de réception
4.5.4 Évaluation du secteur

5. Programmes et stratégies gouvernementaux

5.1 Programmes de soutien à la recherche scientifique et à l'innovation technologique

5.2 Évaluation et gestion des risques

5.3 Canadian Biotechnology Strategy

5.4 Stratégie relative au changement climatique

5.5 Stratégie de développement durable

5.6 Opportunités pour une meilleure coordination

6. Évaluation et prochaines étapes proposées pour le PRDE 95

6.1 Évaluation

6.2 Prochaines étapes proposées pour le PRDE

7. Annexes

7.1 Groupe d'étude de l'OCDE sur les biotechnologies au service d'un développement industriel durable

7.2 Enquête de Statistique Canada sur l'utilisation de la biotechnologie par les industries canadiennes

7.3 Évaluation des bioprocédés et des bioproduits en fonction de la durabilité

Auteur - Industrie Canada - Direction générale des sciences de la vie Date de diffusion - 2000-10-24

Remerciements

La Direction générale des sciences de la vie tient à remercier les membres du comité de direction provenant de divers organismes fédéraux dont le ministère de l'Environnement, le Conseil national de recherches du Canada, le ministère des Ressources naturelles, le ministère de l'Agriculture et de l'Agroalimentaire et le ministère de l'Industrie pour leurs commentaires constructifs et leurs suggestions.

Cette publication est également offerte par voie électronique sur le Web :
http://strategis.ic.gc.ca/biosd

La présente publication est aussi offerte sur demande dans une présentation adaptée à des besoins particuliers.

Pour obtenir de plus amples renseignements, ou pour recevoir des exemplaires supplémentaires de ce rapport, veuillez vous adresser à :

La Direction générale des sciences de la vie
Industrie Canada
235, rue Queen
Ottawa (Ontario) K1A 0H5

Téléphone : (613) 954-1035
Télécopieur : (613) 952-4209
Courriel : jaworski.john@ic.gc.ca

Cette publication peut être reproduite par procédé électronique, photo-mécanique ou par quelque autre moyen, et entreposée dans un système d'extraction de données, sans autre autorisation que le présent avis.

Les opinions exprimées dans ce rapport ne sont pas nécessairement celles d'Industrie Canada ou du gouvernement du Canada.

© Sa Majesté la Reine du chef du Canada (Industrie Canada) 2000
N° de catalogue C47-3/2000F
ISBN 0-662-84700-8
53116F

Also available in English under the title: *Biotechnology and Cleaner Production in Canada.*

☒ ☒ Contient 30 p. 100 de fibres de post-consommation

Table des matières *Préface*

Aide Quoi de neuf Carte du site Opinion Contexte English Haut de la page

Canada

http://strategis.ic.gc.ca

Auteur - Industrie Canada - Direction générale des sciences de la vie Date de diffusion - 2000-10-24

La biotechnologie au service d'une production plus propre au Canada

Préface

La présente étude porte sur l'utilisation de la biotechnologie aux fins d'une production plus propre (c.-à-d. avec une efficacité énergétique accrue et moins d'émissions de gaz à effet de serre et de substances toxiques) dans un certain nombre de secteurs industriels au Canada. L'analyse porte à la fois sur les utilisations actuelles et éventuelles de la biotechnologie.

Le but global est de sensibiliser les intervenants du Canada aux applications de la biotechnologie en vue d'une production plus propre dans des secteurs industriels clés. Cette sensibilisation servira de point de départ à la promotion d'une utilisation accrue de la biotechnologie dans l'industrie au Canada.

Les objectifs particuliers de l'étude sont les suivants :

- favoriser une meilleure compréhension des domaines où la biotechnologie est utilisée, ou pourrait l'être, afin de réaliser une production plus propre dans un certain nombre de secteurs de l'industrie canadienne;
- examiner la capacité du milieu de la recherche au Canada d'utiliser la biotechnologie pour la mise au point de procédés technologiques industriels plus propres comportant des avantages sur le plan environnemental et économique;
- évaluer la capacité de réception des industries utilisatrices pour l'adoption de technologies liées à des bioprocédés plus propres et la mise à profit des avantages environnementaux et économiques qu'elles comportent;
- déterminer les mesures qui amélioreraient les capacités de recherche et de réception du Canada, entre autres l'investissement dans la recherche stratégique et l'élimination des obstacles à l'innovation afin que la biotechnologie puisse être utilisée à grande échelle pour une production industrielle plus propre au Canada

Cette étude n'est d'aucune façon le point final à la réflexion sur un sujet aussi vaste et diversifié que la biotechnologie. Il est probable que bien des organisations et initiatives canadiennes ont été passées sous silence dans cette première étude du genre; par conséquent, les auteurs seraient reconnaissants de recevoir toute information supplémentaire qui pourrait servir à étoffer et à mettre à jour le présent rapport.

Les auteurs tiennent à remercier les responsables du Programme de recherche et de développement

énergétiques (PRDE) pour leur soutien financier ainsi que leurs avis et commentaires au cours de la préparation du présent rapport. En outre, ils voudraient exprimer leur reconnaissance aux experts qui ont fourni des données et des avis pendant la tenue de cette étude. Ils veulent également remercier de leurs suggestions et commentaires constructifs leurs collègues fédéraux qui ont formé le comité directeur chargé de ce projet, soit :

- Environnement Canada;
- Conseil national de recherches du Canada;
- Ressources naturelles Canada;
- Agriculture et Agroalimentaire Canada;
- Industrie Canada.

Remerciements *Table des matières* *Sommaire*

Aide Quoi de neuf Carte du site Opinion Contexte English Haut de la page

Canada
http://strategis.ic.gc.ca

Auteur - Industrie Canada - Direction générale des sciences de la vie

Date de diffusion - 2000-10-24

Sommaire

Les préoccupations du public au sujet de l'environnement au Canada et à l'échelle planétaire contribuent à accroître les pressions exercées sur l'industrie afin qu'elle mette davantage l'accent sur la prévention de la pollution plutôt que sur la décontamination en bout de chaîne. L'industrie réagit à ces pressions en modifiant les procédés de production existants ou en créant des procédés entièrement nouveaux pour une production plus propre (c.-à-d. avec une efficacité énergétique accrue et moins d'émissions de gaz à effet de serre et de substances toxiques). Bien des entreprises commencent à trouver que le fait d'avoir une production plus propre permet non seulement de réduire l'impact environnemental, mais aussi de diminuer les coûts et d'accroître la productivité et la compétitivité.

Les progrès récents réalisés en génomique et en biochimie ont fait de la biotechnologie l'une des principales technologies émergentes ayant le potentiel de résoudre des problèmes environnementaux actuels et de prévenir des problèmes futurs à ce chapitre d'une façon qui ne place pas le développement industriel en opposition avec la protection de l'environnement.

Fondamentalement, la biotechnologie est l'utilisation d'organismes vivants ou de parties d'organismes pour la production de biens et de services. Les applications les plus connues de la biotechnologie touchent aux secteurs des soins de santé (p. ex., produits biopharmaceutiques) et de l'agro-alimentaire (notamment les plantes de culture génétiquement modifiées). Cependant, la biotechnologie peut s'appliquer à un large éventail de secteurs industriels où son impact peut varier de l'amélioration progressive au changement radical des paradigmes qui sous-tendent les procédés de production. Lorsqu'elle est intégrée à un procédé industriel général, la biotechnologie peut contribuer à une production plus propre de quatre façons:

- **biocatalyse** - Des procédés plus efficaces catalysés par des enzymes ou des microorganismes;
- **utilisation de matières premières renouvelables** - La biomasse en tant que source d'énergie et de produits chimiques renouvelables;
- **réduction de la pollution** - La diminution de la pollution grâce à des procédés comportant des traitements biologiques;
- **décontamination** - Le nettoyage de la contamination existante et la restauration par des procédés biologiques.

Un certain nombre de secteurs industriels, en particulier les secteurs de transformation des ressources, pourraient prendre le virage vers un avenir plus durable grâce à la biotechnologie.

La biotechnologie ne peut régler tous les problèmes liés à la réalisation d'une production plus propre, mais il a été démontré que c'est un outil flexible et efficace dans la résolution de bien des problèmes du genre. Ainsi,

une tendance se dessine à l'échelle internationale, qui vise l'application accrue de la biotechnologie pour une production plus propre dans divers secteurs industriels, dont certains revêtent une grande importance pour l'économie canadienne (p. ex., foresterie, pâtes et papiers, produits chimiques et plastiques, énergie et exploitation minière).

Selon des estimations publiées récemment par les responsables du Processus national sur le changement climatique[1], et l'Inventaire national des rejets de polluants, ces mêmes secteurs représentent près de 40 % de la consommation totale d'énergie par l'industrie, 60 % des émissions industrielles totales de gaz à effet de serre et 50 % des polluants rejetés dans l'environnement par les industries au Canada.

Dans le secteur de l'énergie, la biotechnologie peut contribuer à des économies d'énergie dans la production de pétrole : elle aide à éliminer le soufre du gaz naturel et du pétrole et à réduire la viscosité du pétrole lourd. Elle peut aussi contribuer à diminuer la consommation future de combustibles fossiles par le secteur des transports, et ce, de deux façons :

- le remplacement d'une partie de l'essence par de l'éthanol tiré de ressources renouvelables;
- la mise en application d'une méthode biologique de production de méthanol servant de source d'énergie renouvelable pour les piles à combustible.

Dans le secteur des produits chimiques et des plastiques, des bioprocédés ont été mis au point qui permettent :

- de réduire la consommation d'énergie des procédés chimiques existants;
- de diminuer la production de sous-produits de rebut;
- de synthétiser des spécialités chimiques qui ne pourraient pas être générées par les méthodes classiques de synthèse chimique.

Les bioprocédés se révèlent aussi efficaces dans l'utilisation de ressources renouvelables pour la production de monomères pour des plastiques comme le polyester et aussi pour la production de plastiques biodégradables.

Dans le secteur forestier, la biotechnologie peut servir non seulement comme outil d'évaluation de la biodiversité forestière, mais aussi dans le cadre d'un système de lutte intégrée contre les ravageurs. Elle peut être utilisée pour la sélection d'essences à croissance plus rapide et résistantes aux maladies pour le reboisement de forêts récoltées, ou pour la modification génétique d'arbres destinés à des utilisations finales précises et qui seront cultivés dans des plantations à gestion intensive. La biotechnologie a également un rôle à jouer après la récolte en aidant au remplacement ou à la réduction de l'utilisation d'agents chimiques servant à la préservation du bois. Dans le secteur des pâtes et papiers, des enzymes sont utilisées dans des bioprocédés qui aideront à réduire les quantités d'énergie et de produits chimiques employés pour le traitement et le blanchiment de la pâte ainsi que dans le recyclage de produits du papier.

La biotechnologie présente aussi un potentiel intéressant pour le secteur minier et peut aider à remplacer des procédés nécessitant une température élevée, comme le grillage et la fusion, par la biolixiviation et l'oxydation biologique. Ces bioprocédés sont exécutés à température ambiante et permettent d'éviter certains problèmes de pollution atmosphérique découlant des procédés classiques à haute température.

Les applications industrielles de la biotechnologie moderne en sont encore aux premiers stades de leur évolution, mais il est clair que l'économie et l'environnement au Canada ainsi que la qualité de vie des

citoyens du pays peuvent bénéficier de l'adoption de la biotechnologie pour une production plus propre dans un certain nombre de secteurs industriels clés.

Le Canada possède un vaste potentiel pour la recherche en sciences chimiques et biologiques ainsi que dans les disciplines connexes de l'ingénierie. On trouve aussi une masse critique de sociétés axées sur la mise au point de technologies qui possèdent l'expertise en biotechnologie nécessaire à la fabrication de produits nouveaux et à la mise au point des procédés de fabrication appropriés. Les principales industries réceptrices se trouvent dans les secteurs de l'énergie, de la foresterie, des produits chimiques et des matières plastiques. Le Canada recèle d'aussi importantes ressources liées à la biomasse et il est également reconnu comme un chef de file en matière de biotechnologie végétale. Certains programmes peuvent soutenir une gamme complète d'activités, depuis la recherche fondamentale à la démonstration de technologies. Le Canada se trouve donc dans une position idéale pour devenir la plate-forme de développement de la prochaine génération d'éco-industries dans le domaine des ressources, de l'énergie et des produits chimiques, qui misent sur les matières premières renouvelables et utilisent la biotechnologie pour atteindre le degré d'efficacité écologique et de productivité requis afin d'assurer une durabilité à long terme.

Au Canada, les éléments permettant de miser sur ces possibilités sont en place, mais il existe aussi un certain nombre de lacunes et d'obstacles, dont certains ont été mis en lumière au cours de consultations tenues en 1997-1998 dans le cadre du renouvellement de la Stratégie canadienne en matière de biotechnologie. Sur le marché, il y a présentement peu de demande pour les combustibles plus propres et les produits chimiques ou autres issus d'une production plus propre et/ou dérivés de ressources renouvelables. Les industries axées sur les ressources ont une faible capacité de réception en ce qui a trait aux technologies et aux procédés biologiques. Les sociétés de mise au point de biotechnologies sont en majorité de petites entreprises et ont de la difficulté à obtenir des investissements ou à susciter l'intérêt des industries axées sur les ressources (sauf en ce qui a trait aux produits biopharmaceutiques). Les recherches multidisciplinaires nécessaires à l'avancement des sciences biologiques et de la biotechnologie pour un avenir durable sont fragmentées, et il y a peu de consensus sur les priorités ou la façon de les établir. On doit également disposer de protocoles validés par des scientifiques pour mesurer la performance des biotechnologies par rapport aux technologies liées aux procédés classiques, et l'on manque de ressources pour l'élaboration et la mise en place de ces protocoles. Il nous faut des installations centrales, mais à accès limité, où l'on pourrait réaliser la mise à l'essai des concepts et en faire la validation à une échelle réaliste, tant pour les technologies de nettoyage que pour les technologies axées sur une production plus propre. Enfin, il importe de coordonner les efforts visant à informer le public des avantages de la biotechnologie industrielle et de la façon dont les risques potentiels sont gérés avant que les produits ne soient sur le marché afin de renforcer la confiance des consommateurs et de les inciter à adopter ces produits.

Pour combler ces lacunes et surmonter ces obstacles de façon que les bioprocédés et les bioproduits en viennent à faire partie intégrante d'un programme de technologie propre, il faudra :

- un soutien continu à la recherche stratégique dans les universités, les laboratoires gouvernementaux, ainsi qu'à d'autres organismes voués à la recherche;
- des mesures appuyant le transfert de la technologie, l'innovation industrielle et le perfectionnement des compétences dans ce domaine;
- un engagement des gouvernements et de l'industrie en ce qui a trait à la démonstration, à l'évaluation du rendement et à la validation des biotechnologies;
- une sensibilisation accrue de l'industrie, des gouvernements, des investisseurs, des médias et du public concernant le potentiel de la biotechnologie au service d'une production propre et d'un développement industriel durable;

- un leadership à tous les paliers de gouvernement

D'autres pays investissent concrètement en biotechnologie dans le cadre de leurs stratégies axées sur une production plus propre. Aux États-Unis, le budget consacré à la recherche sur les combustibles tirés de la biomasse devrait être augmenté pour passer de 196 millions de dollars US en 2000 à 436 millions de dollars US en 2001. Ce printemps, l'Allemagne prévoit lancer un programme de plusieurs millions de marks portant sur la biotechnologie et la durabilité industrielle. Le Royaume-Uni prépare aussi le lancement d'un programme de onze millions de livres sterling pour stimuler la recherche dans les applications gouvernementales de la génomique.

Le présent document n'est d'aucune façon le point final d'une réflexion sur un sujet aussi vaste et diversifié. Son objectif est plutôt d'inciter les intervenants à reconnaître dès le début les répercussions stratégiques et les possibilités de la biotechnologie industrielle en ce siècle qui est censé être le siècle de la biotechnologie. Le Canada doit se tailler une position concurrentielle afin de tirer parti de ces possibilités d'améliorer son économie, son environnement et la qualité de vie de ses citoyens et des générations à venir.

Notes en bas de page:

1. Perspectives des émissions du Canada : Une mise à jour. Processus national sur le changement climatique, Groupe d'analyse et de modélisation. Décembre 1999.
Retour au text

Page précédente *Table des matières* *Page suivante*

Aide Quoi de neuf Carte du site Opinion Contexte English Haut de la page

Canada
http://strategis.ic.gc.ca

Auteur - Industrie Canada - Direction générale des sciences de la vie

Date de diffusion - 2000-10-24

1. Introduction

Les préoccupations du public au sujet de l'environnement au Canada et à l'échelle planétaire contribuent à accroître les pressions exercées sur l'industrie afin qu'elle mette davantage l'accent sur la prévention de la pollution plutôt que sur la décontamination en bout de chaîne. L'industrie réagit à ces pressions en modifiant les procédés de production existants ou en mettant au point des procédés entièrement nouveaux pour une production plus propre (c.-à-d. avec une efficacité énergétique accrue et moins d'émissions de gaz à effet de serre et de substances toxiques). Bien des entreprises commencent à trouver que le fait d'avoir une production plus propre permet non seulement de réduire l'impact environnemental, mais aussi de réduire les coûts et d'augmenter la productivité et la compétitivité.

Les progrès récents réalisés en génomique et en biochimie ont fait de la biotechnologie l'une des principales technologies émergentes ayant le potentiel de résoudre certains problèmes environnementaux actuels et de prévenir les problèmes futurs à ce chapitre d'une façon qui ne place pas le développement industriel en opposition avec la protection de l'environnement.

Fondamentalement, la biotechnologie est l'utilisation d'organismes vivants ou de parties d'organismes pour la production de biens et de services. Il s'agit en fait d'une série de technologies qui peuvent s'appliquer à un large éventail de secteurs industriels où leur impact peut varier de l'amélioration progressive au changement radical des paradigmes qui sous-tendent les procédés de production. Présentement, la biotechnologie est utilisée par des entreprises d'avant-garde pour la mise au point d'approches de la production industrielle qui permettent non seulement une prévention de la pollution mais aussi des économies d'énergie et un accroissement de la compétitivité. Ainsi, une tendance se dessine à l'échelle internationale, qui vise l'application accrue de la biotechnologie pour réaliser des économies grâce à une production plus propre dans divers secteurs industriels, dont certains revêtent une grande importance pour l'économie canadienne.

Lorsqu'elle est intégrée à un procédé industriel général, la biotechnologie peut contribuer à une production plus propre de quatre façons:

- **biocatalyse** - Des procédés plus efficaces catalysés par des enzymes ou des microorganismes, qui utilisent moins d'intrants (énergie et matières premières) et produisent moins de gaz à effet de serre et/ou moins de sous-produits dangereux pour la même quantité de produits, comparativement aux technologies de procédés classiques;
- **utilisation de matières premières renouvelables** - La croissance de la biomasse pour la séquestration des gaz à effet de serre et du dioxyde de carbone présents dans l'atmosphère, et l'utilisation de cette biomasse comme source d'énergie et de matières premières chimiques renouvelables (sans émissions nettes de gaz à effet de serre), d'où une dépendance moindre en regard des combustibles fossiles;

- **réduction de la pollution** - La diminution de la pollution grâce à des procédés tels que les filtres biologiques pour le traitement de l'air contaminé ou les terres humides artificielles pour l'eau contaminée, qui permettent des économies d'argent et d'énergie, comparativement aux épurateurs d'air ou aux méthodes de traitement chimiques;
- **décontamination** - Le nettoyage de la contamination existante et la restauration par des procédés biologiques (biorestauration, phytorestauration, reconstruction écologique), qui génèrent souvent des économies et permettent une consommation moindre d'énergie quand ils sont utilisés dans les sites contaminés, comparativement au transport des matières contaminées vers les décharges ou des installations de traitement.

Le présent document met l'accent sur l'utilisation de la biotechnologie pour une refonte des procédés industriels dans le but d'améliorer l'efficacité énergétique, de réduire les émissions de gaz à effet de serre et d'empêcher ou de diminuer la pollution à la source, plutôt que sur la question du nettoyage des flux de déchets et des sites contaminés. Cela ne signifie pas que la décontamination et la réduction de la pollution n'ont pas de lien avec une production plus propre. En fait, ces techniques peuvent fournir des moyens économiques de réduire les impacts environnementaux de l'activité industrielle. En outre, l'expertise en microbiologie des entreprises de biorestauration peut fournir le point de départ pour l'identification de microorganismes qui métabolisent des substances chimiques comme les BPC ou qui génèrent des sous-produits pouvant être très utiles, et ces organismes pourraient ensuite être utilisés comme matériau biologique de base pour l'élaboration de procédés biocatalytiques plus propres aux fins d'applications industrielles.

L'Organisation pour la coopération et le développement économique (OCDE) a défini le concept d'une ® technologie plus propre ¯ comme suit : ® *...technologies permettant d'extraire et d'exploiter les ressources naturelles de façon aussi efficiente que possible à tous les stades du cycle de vie; de réduire au minimum les rejets dans l'atmosphère, dans l'eau et dans le sol lors de la fabrication et de l'utilisation des produits; et d'obtenir des produits durables qui peuvent être récupérés ou recyclés dans des proportions maximales. Par ailleurs, à tous les stades du cycle de vie, ces technologies offrent un rendement énergétique satisfaisant...* ¯.[1]

L'une des caractéristiques des plus intéressantes liées à l'intégration de la biotechnologie dans un programme de technologie plus propre tient aux avantages économiques[2] et environnementaux[3] possibles offerts aux industries qui adoptent cette approche, ainsi qu'aux avantages sociaux qui en découlent pour les pays qui apprennent comment encourager son utilisation responsable. Par ailleurs, avec les préoccupations croissantes au sujet des émissions de gaz à effet de serre et du changement climatique, on reconnaît de plus en plus l'importance de la biotechnologie qui permet une utilisation accrue de la biomasse comme source de matières premières sans émissions nettes de gaz à effet de serre pour la production d'énergie, de produits chimiques et de biens de consommation durables.

La présente étude vise à sensibiliser les intervenants canadiens au sujet des applications de la biotechnologie en vue d'une production plus propre dans des secteurs industriels clés, et à jeter les bases d'une nouvelle orientation pour le Programme de recherche et de développement énergétiques (PRDE), piloté par le Bureau de la recherche et du développement énergétiques (BRDE), qui reconnait le potentiel considérable d'utilisation des bioprocédés et des bioproduits dans l'industrie canadienne afin d'accroître l'efficacité énergétique, de réduire les émissions de gaz à effet de serre et de diminuer la pollution à la source. Elle contribuera aussi à l'élaboration d'une politique structurée et d'un plan stratégique dans ce domaine.

Les objectifs particuliers de la présente étude sont les suivants :

- favoriser une meilleure compréhension des domaines où la biotechnologie est utilisée, ou pourrait l'être, afin de réaliser une production plus propre dans un certain nombre de secteurs de l'industrie canadienne;
- examiner la capacité du milieu de la recherche au Canada d'utiliser la biotechnologie pour la mise au point de procédés technologiques industriels plus propres comportant des avantages sur les plans environnemental et économique;
- évaluer la capacité de réception des industries utilisatrices pour l'adoption de technologies plus propres et la mise à profit des avantages environnementaux et économiques qu'elles comportent;
- déterminer les politiques qui amélioreraient les capacités de recherche et de réception du Canada, entre autres l'investissement dans la recherche stratégique et l'élimination des obstacles à l'innovation afin que la biotechnologie puisse être utilisée à grande échelle pour une production industrielle plus propre au Canada.

Notes en bas de page:

1 OCDE, Production et produits moins polluants : vers une mutation technologique en vue d'un développement durable, (1995).
Retour au text

2 Les économies de coûts résultant d'une plus grande efficacité et de la réduction des impacts environnementaux peuvent contribuer à améliorer la compétitivité.
Retour au text

3 Une production plus propre favorise le nettoyage et la prévention de la pollution.
Retour au text

Page précédente *Table des matières* *Page suivante*

Aide Quoi de neuf Carte du site Opinion Contexte English Haut de la page

Canada
http://strategis.ic.gc.ca

Auteur - Industrie Canada - Direction générale des sciences de la vie

Date de diffusion - 2000-10-24

2. Méthodologie

L'approche adoptée pour la présente étude comportait les étapes ci-dessous:

- la recension des ouvrages de référence, y compris un rapport de l'OCDE[1], a servi à la détermination des principaux secteurs de l'industrie canadienne dans lesquels la biotechnologie a le plus de potentiel de contribuer à une production propre. Les secteurs répertoriés sont les suivants : produits chimiques et plastiques, exploitation forestière et produits forestiers, énergie, exploitation minière et traitement des minéraux ainsi que transformation des aliments;
- les valeurs en pourcentage indiquées pour la consommation relative d'énergie et les émissions de gaz à effet de serre et de substances toxiques dans certains secteurs industriels par rapport au total enregistré proviennent des données fournies par le Processus national sur le changement climatique et l'Inventaire national des rejets de polluants;
- des discussions ont été menées avec des experts dans les secteurs mentionnés;
- des recherches ont été effectuées sur Internet en vue de recueillir des renseignements additionnels;
- l'évaluation et les conclusions formulées ont été validées au cours de discussions et de consultations auprès d'intervenants de l'industrie et du milieu de la recherche (en cours).

Notes en bas de page:

1. l'évaluation et les conclusions formulées ont été validées au cours de discussions et de consultations auprès d'intervenants de l'industrie et du milieu de la recherche (en cours).
Retour au texte

Canada
http://strategis.ic.gc.ca

Auteur - Industrie Canada - Direction générale des sciences de la vie

Date de diffusion - 2000-10-24

3. Consommation d'énergie et émissions de gaz à effet de serre et de substances polluantes dans certains secteurs

3.1 Consommation d'énergie
3.1.1 Consommation d'énergie dans l'industrie
3.1.2 Consommation d'énergie dans les transports
3.2 Émissions de gaz à effet de serre
3.2.1 Émissions de gaz à effet de serre par l'industrie
3.2.2 Émissions de gaz à effet de serre par le secteur des transports
3.3 Émissions de substances polluantes
3.4 Importance relative des secteurs susceptibles d'être influencés par la biotechnologie

La présente section examine la contribution relative des divers secteurs qui seront vraisemblablement influencés par la biotechnologie en rapport avec la consommation globale d'énergie et avec les émissions de gaz à effet de serre et de substances polluantes au Canada.

Contenu du chapitre *Notes en bas de page* *Table des matières*

3.1 Consommation d'énergie

En 1997, la consommation totale d'énergie par l'industrie a été de 3 427,8 pétajoules (1 pétajoule = 10^{15} joules), tandis que la consommation totale d'énergie dans le secteur des transports a été de 2 401,6 pétajoules[1]. Ensemble, ces deux secteurs représentaient 70 % de toute la consommation d'énergie au Canada cette année-là (8 313,6 pétajoules).

3.1.1 Consommation d'énergie dans l'industrie

En 1997, 38 % de toute l'énergie consommée par l'industrie au Canada l'a été par des secteurs où la biotechnologie peut contribuer à réduire les coûts énergétiques grâce à une production plus propre. On estime que la part de la consommation industrielle totale d'énergie prévue qui est liée à ces secteurs demeurerait constante, se situant à environ 38 % à 40 % jusqu'en 2020, comme le montre le tableau 1. Ces prévisions ne

tiennent pas compte de l'incidence de l'utilisation de la biotechnologie.

3.1.2 Consommation d'énergie dans les transports

Dans le secteur des transports, l'essence automobile fournit de façon constante environ 53 % du total de la demande d'énergie prévue pour la période 2000-2020. Cette proportion de 53 % équivaut à 1 316,9 pétajoules en l'an 2000 et à 1 718 pétajoules en 2020, soit presque la même quantité que la demande totale des secteurs de l'énergie présentés ci-dessus. Il est peu probable que la biotechnologie permettra une baisse de la consommation globale d'énergie dans le secteur des transports; cependant, elle pourrait contribuer à diminuer les émissions nettes de gaz à effet de serre grâce au remplacement de combustibles fossiles par des carburants dérivés de la biomasse renouvelable (voir la section 3.2).

Tableau 1: Projections de la demande d'énergie dans certains secteurs de l'industrie au Canada (en pétajoules)

Secteur	2000	2005	2010	2015	2020
Usines de pâtes et papiers	395,5	411	442	477,6	502,8
Forêt	10,4	10,6	11,1	11,4	11,4
Produits chimiques	286,1	307,5	340,7	384	424,8
Mines	150,5	155,8	164,3	177,2	190,3
Fonte et affinage	232,5	262,4	281,4	298,2	311,7
Raffinage du pétrole	311	290,5	302	318,1	334,6
Total des secteurs ci-dessus	1386	1437,8	1541,5	1666,5	1775,6
Total pour l'industrie	3561,3	3734	3963,1	4174,2	4386,5
Rapport des totaux (%)	38,9	38,5	38,9	39,9	40,5

Contenu du chapitre *Notes en bas de page* *Table des matières*

3.2 Émissions de gaz à effet de serre

En 1997, le total des émissions de gaz à effet de serre (GES) par l'industrie était de 127 mégatonnes d'équivalents-CO_2, alors que le total des émissions de GES par le secteur des transports s'élevait à 172 mégatonnes d'équivalents-CO_2. Ensemble, ces deux secteurs ont représenté 44 % de toutes les émissions de gaz à effet de serre au Canada cette année-là (682 mégatonnes d'équivalents-CO_2).

3.2.1 Émissions de gaz à effet de serre par l'industrie

En 1997, 62 % des émissions totales de gaz à effet de serre par l'industrie au Canada provenaient de secteurs industriels où la biotechnologie peut contribuer à assainir la production. On prévoit que le pourcentage du

total des émissions de GES par ces secteurs demeurera à peu près stable à 59 % - 60 % jusqu'en 2020, tel qu'illustré dans le tableau 2. L'incidence de l'utilisation de la biotechnologie n'est pas prise en compte dans ces prévisions.

Tableau 2: Prévisions des émissions de gaz à effet de serre dans certains secteurs de l'industrie au Canada (en mégatonnes d'équivalents-CO_2)

Secteur	2000	2005	2010	2015	2020
Pâtes et papiers	12,1	12,4	13,3	13,6	13,7
Forêt	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
Produits chimiques	20,2	22,1	23,1	25,3	27
Mines	6,9	7,5	7,7	8	8,5
Fonte et affinage	12,8	12,9	12,6	12,9	13,2
Raffinage du pétrole	21,3	22,3	23,2	24,9	26,8
Total des secteurs ci-dessus	74	77,9	80,6	85,4	89,9
Total de l'industrie	125,3	130	137,8	144,1	152,5
Rapport des totaux (%)	59	60	58,5	59,3	59

3.2.2 Émissions de gaz à effet de serre par le secteur des transports

Dans le secteur des transports, l'essence automobile représente une proportion constante d'environ 53 % des émissions totales de gaz à effet de serre qui sont prévues pour la période 2000-2020. Ce taux de 53 % équivaut à 94,9 mégatonnes de CO_2 en 2000, et à 121,6 mégatonnes

de CO_2 en 2020, soit environ 30 % de plus que dans les totaux respectifs pour les secteurs de l'industrie mentionnés ci-dessus. Bien qu'il soit improbable que la biotechnologie débouche sur une diminution de la consommation globale d'énergie dans le secteur des transports, on prévoit que la biotechnologie contribuera au remplacement d'une certaine proportion de l'essence automobile soit par l'éthanol[2], soit par la fourniture d'une partie du combustible (p. ex., du méthanol[3]) utilisé pour les piles à combustible. L'éthanol et le méthanol pourraient être produits à partir de ressources renouvelables et donner lieu à des réductions importantes des émissions nettes de gaz à effet de serre.

Contenu du chapitre *Notes en bas de page* *Table des matières*

3.3 Émissions de substances polluantes

L'Inventaire national des rejets de polluants fournit des données sur les rejets de polluants par des installations industrielles ayant une certaine envergure partout au Canada. En 1997, l'Inventaire a signalé le rejet de 176 polluants et a mesuré les quantités liées aux rejets sur place dans l'environnement et aux transferts en dehors des sites pour élimination. Le total des rejets sur place des 176 polluants pour toutes les industries s'est élevé à 161 876 tonnes, 51 % de ces rejets provenant des secteurs de l'industrie où la

biotechnologie pourrait contribuer à une production plus propre. Le total des transferts des 176 polluants pour élimination hors site pour toutes les industries, a été de 94 341 tonnes, 48 % de ces volumes provenant de secteurs de l'industrie où la biotechnologie pourrait contribuer à des méthodes de production plus propres.

Contenu du chapitre *Notes en bas de page* *Table des matières*

3.4 Importance relative des secteurs susceptibles d'être influencés par la biotechnologie

Les secteurs de l'industrie où la biotechnologie pourrait contribuer à une production plus propre représentent environ 40 % de la consommation d'énergie totale, 60 % des émissions totales de gaz à effet de serre et 50 % de la pollution totale rejetée dans l'environnement par tous les secteurs industriels au Canada.

Dans le secteur des transports, l'essence automobile (qui pourrait être remplacée en partie par l'éthanol produit grâce à des procédés faisant appel à la biotechnologie) représente 53 % de la consommation totale d'énergie et 53 % des émissions totales de gaz à effet de serre.

Notes en bas de page:

1. Les données des sections 3.1 et 3.2 sont tirées du document "Perspectives des émissions du Canada : Une mise à jour"publié par le Groupe d'analyse et de modélisation du Processus national sur le changement climatique (Décembre 1999).
Retour au texte

2. Actuellement, il y a des automobiles qui arrivent sur le marché et qui peuvent rouler avec un mélange de 85 % d'éthanol et de 15 % d'essence.
Retour au texte

3. Des chercheurs de la University of Illinois ont mis au point un procédé qui utilise trois enzymes (formiate-déshydrogénase, formaldéhyde-déshydrogénase et alcool-déshydrogénase) *in vitro* (c.-à-d. sans utiliser d'organismes vivants) pour convertir le dioxyde de carbone en méthanol. (*Chemical Week*, 9 février 2000, page 33). Jusqu'à présent, le procédé est peu économique et il faudra peut-être des années de R-D pour le rendre concurrentiel; néanmoins, il représente une utilisation éventuelle intéressante de la biotechnologie.
Retour au texte

Page précédente *Table des matières* *Page suivante*

Aide Quoi de neuf Carte du site Opinion Contexte English Haut de la page

Canada

http://strategis.ic.gc.ca

Auteur - Industrie Canada - Direction générale des sciences de la vie

Date de diffusion - 2000-10-24

4.1 Le secteur des produits chimiques et des plastiques au Canada

4.1.1 Produits chimiques industriels
4.1.1.1 Applications de la biotechnologie
4.1.1.2 Capacité de recherche et de développement
4.1.1.3 Capacité de réception
4.1.2 Produits de chimie fine et spécialités chimiques
4.1.2.1 Applications de la biotechnologie
4.1.2.2 Capacité de recherche et de développement
4.1.2.3 Capacité de réception
4.1.3 Produits chimiques agricoles
4.1.3.1 Applications de la biotechnologie
4.1.3.2 Capacité de recherche et de développement
4.1.3.3 Capacité de réception
4.1.4 Préparations chimiques
4.1.5 Évaluation du secteur

Decision Resources , une firme importante de renseignements d'affaires et d'analyse du marché a publié un rapport[1] sur les répercussions de la biotechnologie sur l'industrie mondiale des produits chimiques. Elle est arrivée aux conclusions suivantes :

- On assistera à une transformation de l'industrie chimique par la biologie au XXIe siècle.
- La tendance est à la confusion des frontières traditionnelles entre la chimie et la biologie dans les stratégies de production.
- Des sociétés de premier plan comme DuPont , Dow Agrosciences , AVENTIS (fusion de Hoechst et de Rhone Poulenc), Novartis et Monsanto qui fusionnera avec Pharmacia-Upjohn se redéfinissent comme des sociétés oeuvrant dans les ® sciences de la vie ¯ ou font des acquisitions et réalisent des alliances stratégiques pour profiter du rôle de plus en plus important de la biotechnologie.
- Les entreprises qui pourront rester en tête de peloton par leur capacité de comprendre les avenues stratégiques naissantes et d'exploiter les possibilités offertes par la R-D en biotechnologie seront celles qui pourront croître et prospérer au cours de ce siècle.

Les progrès dans trois domaines clés de la biotechnologie mènent cette transformation de l'industrie chimique :

- **la biocatalyse :** l'utilisation des microorganismes, et plus particulièrement les enzymes, pour catalyser certaines réactions, et l'utilisation des techniques de la biologie moléculaire pour modifier les enzymes et leur conférer des propriétés catalytiques particulières;
- **le génie métabolique :** la modification génétique des plantes, des animaux et plus particulièrement des microorganismes pour faire en sorte que toutes les étapes biocatalytiques de la production d'une substance donnée se retrouvent dans leurs cellules, pour que ces cellules deviennent en fait des miniréacteurs très efficaces;
- **la biotechnologie végétale :** la modification génétique des plantes pour leur conférer des caractéristiques particulières (p. ex. concentrations plus faibles de lignine ou plus élevées d'amidon) qui augmentent l'efficacité et le rendement dans la transformation en certains produits.

En 1995, le secteur des produits chimiques constituait le quatrième plus important secteur manufacturier au Canada en termes de ventes. Le secteur canadien des produits chimiques peut être divisé dans les segments suivants (voir STRATEGIS , Information d'affaires par secteur, produits chimiques) :

- produits chimiques industriels;
- produits de chimie fine;
- produits chimiques agricoles;
- préparations chimiques.

Contenu du chapitre *Notes en bas de page* *Table des matières*

4.1.1 Produits chimiques industriels

Les produits chimiques industriels comprennent les produits chimiques inorganiques et organiques (produits pétrochimiques et résines) et représentent environ 43 % de l'ensemble du secteur des produits chimiques au Canada. En 1995, ce segment de l'industrie comptait environ 300 établissements, employait 23 000 personnes et ses livraisons atteignaient 14, 4 milliards $ (1,7 % du marché mondial), dont 63 % en exportations (3 % des exportations mondiales). La plupart des entreprises dans ce segment de l'industrie sont des filiales canadiennes de multinationales américaines ou européennes. Dans les années 1980, la restructuration et la rationalisation de la production nord-américaine a fait en sorte que les établissements canadiens sont devenus davantage intégrés dans les activités mondiales des sociétés chimiques multinationales où ils se spécialisent maintenant dans certains produits ou gammes de produits en fonction de leurs capacités et leur coût de production.

4.1.1.1 Applications de la biotechnologie

A) Biotransformation des produits pétrochimiques pour obtenir des produits chimiques

industriels

Comme exemple de la biotransformation appliquée aux produits pétrochimiques, mentionnons la production de polymère d'acrylate d'ammonium à partir d'acrylonitrile. Le procédé classique de production d'acrylate d'ammonium consomme beaucoup d'énergie et engendre des sous-produits difficiles à extraire. Depuis plus de dix ans, la Nitto Chemical Company de Tokyo utilise un procédé commercial faisant appel à une enzyme bactérienne pour produire de l'acrylate d'ammonium très pur. Le procédé biocatalytique enzymatique utilise moins d'énergie et donne moins de sous-produits2.On utilise des bioprocédés pour éliminer le soufre et briser des cycles aromatiques du pétrole lourd dans le secteur de l'énergie (voir la section 4.3); toutefois, ces procédés économiseurs d'énergie sont également utiles dans la transformation des produits pétrochimiques industriels, et des entreprises comme Bio-Technical Resources (Manitowoc, Wisconsin)[3] y font appel.

En général, les bioprocédés ne sont pas encore bien adaptés aux produits chimiques organiques non aqueux issus du pétrole. Par conséquent, la plupart des produits chimiques industriels fabriqués à partir de la biotechnologie sont dérivés de matières premières issues de la biomasse renouvelable.

B) Biotransformation de la biomasse pour obtenir des produits chimiques industriels

Comme il est mentionné dans l'introduction, l'utilisation de la biomasse comme matière première peut favoriser la séquestration du carbone, réduire la consommation des combustibles fossiles et mener à une réduction nette des émissions de gaz à effet de serre. Jusque dans les années 1930, la plupart des produits chimiques produits en vrac provenaient de la fermentation de la biomasse, comme le maïs et la pomme de terre, à l'aide de microorganismes naturels sélectionnés. Ces procédés de fermentation ont été en grande partie remplacés suite aux progrès réalisés en chimie et en catalyse inorganique, ce qui fait que les produits chimiques issus du pétrole dominent actuellement le marché des produits chimiques industriels. Les progrès dans le domaine de la biocatalyse et de la modification métabolique des microorganismes et le fait que les ressources pétrochimiques sont limitées ont entraîné la réintroduction de la fermentation de la biomasse comme moyen économique d'obtenir de nombreux produits chimiques en vrac (voir Alper4).

La société Royal Dutch Shell a prédit que, dans la première moitié du XXIe siècle, la biomasse en viendra à fournir 30 % des besoins mondiaux en produits chimiques et en combustibles, dans un marché d'environ 150 milliards $US[5].

Au Canada, l'éthanol issu des céréales est présentement le seul produit chimique industriel fabriqué à l'échelle commerciale à l'aide de la biotechnologie. Aux É.-U., on produit également de l'éthanol carburant, principalement à partir de maïs. Dans les deux pays, il faut associer la production d'éthanol à des réductions de taxes pour rendre l'éthanol concurrentiel avec l'essence. (Voir la section 4.3.2 pour plus de renseignements.)

Iogen est une entreprise canadienne qui est un chef de file dans la mise au point de méthodes de biotransformation pour la production d'éthanol à partir de déchets de matières cellulosiques plutôt qu'à partir de céréales ou de maïs. L'utilisation de déchets cellulosiques pour remplacer les céréales ou le maïs comme matières premières améliorera sans aucun doute les aspects économiques de la production de l'éthanol et réduira les émissions nettes de gaz à effet de serre (la production de maïs exige beaucoup d'énergie et d'engrais). Un projet de démonstration auquel participent Iogen et Petro Canada tente actuellement d'évaluer la viabilité commerciale de la production d'éthanol à partir de matières premières cellulosiques.

S'il était possible d'obtenir des co-produits utiles (p. ex. des produits pharmaceutiques ou des produits de

chimie fine) dans le cadre du procédé de production de l'éthanol, ce dernier pourrait devenir rentable dans l'ensemble. Dans une étude effectuée par Agriculture Canada, on a examiné certaines possibilités en ce sens). Le concept de ® bioraffinerie ¯ produisant de l'éthanol carburant et des coproduits comprenant des produits de chimie fine est discuté plus loin dans la section sur les produits de chimie fine.

D'autres produits chimiques en vrac sont également produits à partir de la biomasse sur une échelle commerciale. Aux É.-U., par exemple, on produit ainsi des esters et éthers de cellulose (0,5 milliard de kg/année), du sorbitol (0,19 milliard de kg/année) et de l'acide citrique (0,16 milliard de kg/année).[6]

Le Oak Ridge National Laboratory, le US Department of Energy et la société Applied CarboChemicals ont mis au point un procédé de fermentation permettant de produire de l'acide succinique à partir de glucose à un coût plus bas qu'avec les méthodes classiques à partir du pétrole. L'acide succinique est un précurseur de composés comme le butane-1,4-diol et le tétrahydrofurane, dont les ventes totalisent ensemble plus de 1 milliard $US aux É-U.[7]

Un certain nombre d'autres projets de production de matières premières chimiques à partir de la biomasse sont également en cours, dont le plus remarquable est celui du Technology Roadmap for Plant/Crop Based Renewable Resources (guide technologique sur les ressources renouvelables à partir des plantes/cultures) aux É.-U. .

C) Production biologique de résines et de plastiques industriels

On sait depuis les années 1920 que certaines bactéries produisent naturellement des plastiques biodégradables de type polyhydroxyalcanoates (PHA). Les préoccupations croissantes concernant la persistance des plastiques classiques dans l'environnement ont renouvelé l'intérêt porté à ces types de polymères biodégradables d'origine biologique.

L'Institut de recherche en physique et en chimie du Japon a modifié par génie génétique un microorganisme pour lui faire produire et stocker de grandes quantités de plastique biodégradable (jusqu'à 96 % de son poids sec)[8]. On peut également, grâce à la biotechnologie, intervenir dans le métabolisme des bactéries pour modifier la structure et les propriétés des polymères résultants[9]. Toutefois, une analyse du cycle de vie montre que lorsque certaines matières premières sont utilisées et que des combustibles fossiles sont la source d'énergie dans le procédé de fermentation, il faut un peu plus de combustible fossile pour produire 1 kg de PHA qu'il n'en faut pour produire 1 kg de polystyrène[10]. On voit donc qu'il est nécessaire d'utiliser une approche systématique pour déterminer qu'une technologie est plus ® propre ¯ ou plus ® durable ¯ qu'une autre et pour choisir la plus appropriée (voir la section 7.3). Dans ce cas, on peut éviter le problème de consommation de combustible fossile à l'étape de la fermentation en modifiant génétiquement des plantes pour qu'elles produisent le PHA directement à partir du dioxyde de carbone et de la lumière solaire. Metabolix situé à Cambridge au Massachussets poursuit cette stratégie[11]. C'est là un exemple de la puissance et de la souplesse de la biotechnologie.

DuPont , par ses alliances avec Genencor International (Rochester, New York) et avec Pioneer Hybrid (Des Moines, Iowa;) fait figure de pionnier avec l'utilisation de la biomasse comme source de précurseurs de polymères. DuPont et Genencor International ont breveté un procédé qui utilise un microorganisme génétiquement modifié (un exemple de génie métabolique) pour produire du propane-1,3-diol (le monomère d'un polyester avancé) en une seule étape à partir du glucose[12]. Tout l'effluent liquide du procédé de production du monomère est facilement biodégradable, et le polymère peut être retransformé en monomères par méthanolyse; il est donc facile de recycler le polymère à maintes reprises après son utilisation.

4.1.1.2 Capacité de recherche et de développement

Durant les années 1970 et le début des années 1980, le Canada disposait d'une base de recherche solide dans le domaine des bioprocédés industriels dans les laboratoires gouvernementaux et universitaires. Des changements de priorité survenus dans les programmes à la fin des années 1980 et au début des années 1990 ont toutefois affaibli ce secteur. En outre, la conjoncture ascendante dans l'industrie biopharmaceutique et la possibilité d'obtenir davantage de fonds de recherche dans ce domaine ont fait que des chercheurs oeuvrant dans les bioprocédés industriels se sont convertis à la recherche et à la production de médicaments par la fermentation. La recherche sur les bioprocédés industriels se poursuit dans les gouvernements[13] et les universités[14], mais elle est concentrée principalement sur les produits chimiques à usage pharmaceutique et des produits de chimie fine. On constate aussi qu'il y a peu de développement de réseaux multi-disciplinaires et multi-sectoriels.

On a trouvé peu de renseignements sur la recherche ayant trait à la biotransformation des produits pétrochimiques au Canada. Certains travaux sont effectués à la University of Calgary, mais il n'y a presque pas de demande de telles recherches de la part des entreprises du secteur du pétrole et de la pétrochimie. Une meilleure compréhension du comportement des enzymes dans les solvants non aqueux devrait se solder par une utilisation accrue de la biotransformation dans le secteur pétrochimique[15]; toutefois, peu de ces recherches se font au Canada.

Il y a beaucoup de recherche sur la production d'éthanol carburant et d'autres substances chimiques à partir de la biomasse dans beaucoup d'universités canadiennes (University of British Columbia, University of Calgary, University of Saskatchewan, Waterloo University, University of Toronto, Ryerson Polytechnical University, Queen's University, Université McGill, École Polytechnique de Montréal, Université Laval) ainsi qu'à un certain nombre de centres de recherches gouvernementaux (Conseil national de recherches, Saskatchewan Research Council, Alberta Research Council). Un réseau de recherche a récemment été proposé dans le domaine de la production et de l'utilisation de la biomasse pour la production de combustibles et de produits chimiques (BIOCAP[16]).

4.1.1.3 Capacité de réception

À quelques exceptions près, l'industrie des produits chimiques industriels au Canada a peu d'activités internes ayant trait à la biotechnologie et à la biotransformation, et la plus grande partie des activités dans ce domaine ont trait principalement à des mesures correctives et de dépollution. Néanmoins, il est admis[17] que les entreprises qui utilisent déjà la biotechnologie, même pour la dépollution avant rejet, sont davantage susceptibles de l'utiliser pour d'autres applications[18]. Les fabricants de produits chimiques industriels au Canada ont montré leur capacité d'innover et d'attirer des mandats de production (voir le recueil de réussites professionnelles en R-D sur STRATEGIS , sous Information d'affaires par secteur - Produits chimiques). La question est de savoir si ces entreprises peuvent se positionner de façon à bénéficier de la tendance à l'utilisation accrue de la biotechnologie dans leur industrie.

Des consortiums de recherche comme L'Alliance Canadienne des Sciences et des Technologies de l'Environnement (ESTAC) ont appuyés efficacement des travaux de recherche pertinents sur les produits chimiques et le pétrole dans les universités canadiennes. Des réseaux de recherche comme ESTAC, et BIOCAP qui s'occupe de la recherche sur la production et l'utilisation de la biomasse , pourraient également fournir aux entreprises dans ce secteur les moyens de développer une ® fenêtre ¯ stratégique sur la biotechnologie et les bioprocédés permettant d'économiser et de réduire les répercussions sur

l'environnement.

Contenu du chapitre *Notes en bas de page* *Table des matières*

4.1.2 Produits de chimie fine et spécialités chimiques

Tout comme les produits chimiques industriels, les produits de chimie fine et les spécialités chimiques peuvent également être divisés en produits inorganiques et organiques. La catégorie des produits organiques comprend les produits pharmaceutiques, les vitamines, les arômes et les fragrances, les enzymes, les intermédiaires chiraux et d'autres spécialités chimiques. Une centaine d'entreprises (dont des entreprises biopharmaceutiques) existent dans ce segment de l'industrie chimique canadienne, dont la plupart sont de petites entreprises appartenant à des intérêts canadiens. À l'heure actuelle, il n'y a pas de statistiques officielles sur la taille et le rendement de l'industrie des produits de chimie fine au Canada.

La valeur ajoutée des produits de chimie fine et des spécialités chimiques et les vastes marchés mondiaux associés à certains d'entre eux offrent plus de latitude pour l'utilisation de la biocatalyse et des matières premières biologiques. On estime à 24 milliards $US le marché mondial des produits de chimie fine dans le secteur des produits pharmaceutiques[19].

Decision Resources[20] a signalé que le marché mondial des produits de chimie fine issus de la fermentation non associés à l'industrie pharmaceutique dépassait les 6 milliards $US en 1996 :

- 2,4 milliards $ pour les acides aminés;
- 2 milliards $ pour les vitamines;
- 1,2 milliard $ pour les enzymes;
- 0,5 milliard $ pour les biopolymères.

Le Freedonia Group[21] a estimé que la demande de produits de chimie fine et de spécialités chimiques dérivés de sources végétales (arômes, fragrances, extraits végétaux, nutraceutiques et produits pharmaceutiques) augmenterait d'environ 9 % par année pour atteindre 2,9 milliards $US en 2003. On est en train de mettre au point des procédés de fermentation pour quelques-uns de ces produits de chimie fine de façon à obtenir une qualité et un approvisionnement plus réguliers (p. ex. produits moins susceptibles d'être endommagés par la température ou des catastrophes naturelles).

Les produits chimiques chiraux constituent un secteur du marché des produits de chimie fine valant 6 milliards $ aux É.-U., un secteur qui s'accroît rapidement (10 % par année)[22]. Les produits chimiques chiraux sont des isomères de molécules asymétriques qui ont été séparés et purifiés. Ils sont utilisés dans la synthèse d'autres produits (p. ex. produits pharmaceutiques) qui possèdent des propriétés particulières à cause de leur asymétrie. Les techniques de séparation classiques utilisées dans la production des produits chimiques chiraux sont coûteuses et consomment beaucoup d'énergie parce qu'elles font intervenir des étapes répétitives de chromatographie ou de recristallisation. Maintenant, plus de 40 % des produits chimiques chiraux sont produits à l'aide d'enzymes ou de microorganismes qui dégradent sélectivement l'un des isomères pour donner un mélange dans lequel l'autre isomère peut être séparé facilement à une pureté plus grande que celle que les procédés classiques permettent d'obtenir.

4.1.2.1 Applications de la biotechnologie

Dans le secteur des produits de chimie fine, les entreprises produisent généralement de petits volumes de substances à forte valeur ajoutée. En général, leurs activités sont associées à une consommation d'énergie ou à une émission de polluants beaucoup plus faible comparativement aux fabricants de produits industriels dont les opérations sont beaucoup plus importantes. Les économies d'énergie et les avantages pour l'environnement peuvent donc être relativement faibles dans ce secteur de l'industrie, sauf à l'échelle locale. Toutefois, certains de leurs produits, notamment les enzymes, peuvent contribuer de façon très importante aux économies d'énergie et à la réduction de la pollution dans d'autres secteurs de l'industrie.

Les enzymes constituent une catégorie particulièrement importante de produits de chimie fine. Il s'agit de catalyseurs biologiques que l'on retrouve dans les cellules des végétaux, des animaux et des microorganismes. Bon nombre d'enzymes sont maintenant modifiées génétiquement pour être produites par la fermentation à l'échelle industrielle et pour présenter des propriétés catalytiques spécifiques. On s'en sert couramment à l'heure actuelle pour augmenter l'efficacité sur le plan de l'énergie et des matériaux utilisés dans une foule d'industries, dont l'industrie de l'énergie, l'industrie chimique, l'industrie pharmaceutique, l'agriculture, la transformation des aliments pour les humains et les animaux, la foresterie, l'industrie des pâtes et papiers et l'industrie des textiles[23].

Un certain nombre d'entreprises au Canada produisent des produits de chimie fine, ou des enzymes, par fermentation ou extraction et purification à partir de sources biologiques. En voici quelques exemples :

- Iogen (Ottawa, Ontario) est un gros producteur d'enzymes par fermentation destinées aux industries de l'énergie, des pâtes et papiers et des textiles.
- Canadian Inovatech (Abbotsford, Colombie-Britannique) extrait et purifie des enzymes à partir des oeufs et des tissus animaux pour les industries agroalimentaire et pharmaceutique.
- Kemestrie (Sherbrooke, Québec) est une entreprise de développement technologique qui fabrique des produits de chimie fine à partir de la biomasse.
- Bioriginal (Saskatoon, Saskatchewan) est un producteur et un fournisseur d'acide gamma-linolénique, un acide gras insaturé extrait de végétaux et utilisé dans des cosmétiques, des produits pour les soins de la peau et des nutraceutiques.
- Griffith Laboratories (Scarborough, Ontario) produit des enzymes et des arômes pour l'industrie alimentaire.
- SemBioSys (Calgary, Alberta) est une entreprise de biotechnologie végétale qui utilise des plantes génétiquement modifiées comme ® usines ¯ pour produire des protéines à valeur ajoutée pour l'industrie pharmaceutique.
- Nexia (Montréal, Québec) est un pionnier dans la production de protéines de grande valeur dans le lait de chèvres ou de vaches spécialement traitées dont le pis renferme des cellules mammaires génétiquement modifiées.
- Apotex Fermentation Inc. (Winnipeg, Manitoba) est la plus grande installation Canadienne de recherche et de développement et de fabrication de produits pharmaceutiques par fermentation et bioprocédés certifiés comme étant conformes aux bonnes pratiques commerciales ("cGMP").
- Diagnostic Chemicals (Charlottetown, Île-du-Prince-Édouard) produit des intermédiaires pharmaceutiques avancés ainsi que des enzymes et des composés actifs extraits de sources biologiques.

Plusieurs entreprises canadiennes font de la bioprospection, c'est-à-dire qu'elles recherchent dans la biodiversité de la nature des plantes et des microorganismes qui fabriquent des substances ayant une activité

pharmacologique.
On peut citer, par exemple :

- Accutec Technologies (Vancouver, Colombie-Britannique);
- Semgen (Saint-Nicolas, Québec);
- Ecopia Biosciences (Montréal, Québec).

Ces entreprises peuvent également identifier et isoler des activités biocatalytiques spécifiques qui peuvent être utilisées, après quelques modifications, dans des bioprocédés industriels.

Un certain nombre d'entreprises canadiennes de produits de chimie fine se spécialisent dans la synthèse directe de composés organiques, mais elles peuvent également fabriquer des dérivés de produits de chimie fine à partir de sources biologiques. Par exemple :

- Dalton Chemical Laboratories (Toronto, Ontario);
- Raylo Chemicals (Edmonton, Alberta);
- Toronto Research Chemicals (Toronto, Ontario).

4.1.2.2 Capacité de recherche et de développement

Il y a une grande capacité de recherche dans le domaine des produits de chimie fine dans quelques universités canadiennes, comme l'indique le nombre d'entreprises spécialisées dans ce domaine qui ont été créées à la suite de travaux effectués dans des universités[24]. L'explosion de la recherche en biopharmaceutique y a grandement contribué. L'interaction croissante entre les chercheurs en biotechnologie végétale et ceux en chimie des produits naturels ajoutera une autre dimension à toutes ces capacités[25].

4.1.2.3 Capacité de réception

Il y a un nombre considérable d'entreprises de produits de chimie fine au Canada, mais elles sont principalement au service des industries des produits diagnostiques et pharmaceutiques. L'industrie chimique traditionnelle n'a pas su attirer l'attention des promoteurs de technologies et des investisseurs. Une initiative comme la mise en place d'une ® bioraffinerie ¯ permettant d'obtenir des produits de chimie fine à forte valeur ajoutée dans le cadre de la production rentable de produits chimiques industriels en vrac à partir de la biomasse pourrait contribuer à attirer l'attention sur cette industrie.

Contenu du chapitre *Notes en bas de page* *Table des matières*

4.1.3 Produits chimiques agricoles

Les produits chimiques agricoles comprennent les **pesticides** et les **engrais**.

A) Pesticides

Les **pesticides** sont utilisés pour protéger les cultures, réguler la croissance des plantes (p. ex. les mauvaises

herbes), lutter contre les insectes, traiter les semences, combattre les algues dans les piscines et préserver le bois et les textiles. En 1996, dix établissements canadiens, la plupart des filiales de multinationales, ont été identifiés comme producteurs de pesticides. La plus grande partie de l'activité au Canada a trait à la formulation et non à la mise au point de matières actives. Uniroyal est la seule multinationale qui produit des matières actives au Canada (traitement antifongique des semences). Les 10 établissements employaient près de 500 personnes et leurs livraisons atteignaient 262 millions $, dont 44 % en exportations.

Les produits de la biotechnologie devraient constituer 10 % (c.-à-d. environ 4 milliards $US) du marché mondial des pesticides en 2005[26]. Les avantages de ces produits de la biotechnologie sur les plans environnemental et économique se feront sentir surtout dans le secteur de l'agriculture et non dans le secteur des produits chimiques. La biotechnologie offre des avantages considérables dans la lutte antiparasitaire et elle est à l'origine de changements majeurs dans l'industrie des pesticides, dont voici quelques exemples.

Une détection plus rapide et précise des ravageurs à l'aide des empreintes génétiques et de trousses d'essai sur le terrain faisant appel à des sondes géniques permet de les identifier et d'intervenir plus rapidement et réduit l'utilisation inutile de pesticides, la contamination des eaux de ruissellement par les pesticides et l'énergie requise pour appliquer ces derniers.

- Certaines techniques de lutte biologique font appel à des pièges à insecte appâtés avec des phéromones (attractifs sexuels) ou des insectes qui agissent comme des prédateurs des ravageurs □) ces techniques permettent de réduire la quantité de pesticides utilisée, la contamination des eaux de ruissellement par les pesticides et l'énergie requise pour le transport et l'application des pesticides; un certain nombre de petites entreprises canadiennes, par exemple BioControle Inc.(Sainte Foy, Québec), Coast Agri Inc. (Abbotsford, Colombie Britannique), Phero Tech Inc. (Delta, Colombie Britannique), Applied Bio-Nomics Ltd.(Sidney, Colombie Britannique) se spécialisent dans ce domaine
- D'autres techniques de lutte biologique font appel à (i) des bactéries (p. ex. *Bacillus thuringiensis*) (ii) des virus (p. ex. certains baculovirus mis au point par Forêts Canada) qui ne sont toxiques que pour un très petit nombre d'espèces d'insectes nuisibles ou (iii) des nématodes qui sont efficaces contre une variété de vers et de charançons (Mikrokil, Bedford, Nouvelle Écosse).
- Certaines cultures sont maintenant génétiquement modifiées de sorte que leur génome renferme des pesticides qui ne sont toxiques que pour les insectes nuisibles et non pour les humains qui consomment les cultures. Ainsi, on élimine la présence de pesticides dans les eaux de ruissellement, on économise l'énergie associée à la synthèse des pesticides chimiques classiques, au transport au point d'utilisation et le carburant utilisé par l'agriculteur pour appliquer les pesticides sur la culture, parfois à plusieurs reprises (de grandes multinationales sont actives au Canada dans ce domaine).
- D'autres cultures sont génétiquement modifiées pour résister à une gamme étendue d'herbicides, de sorte que l'herbicide peut être utilisé après que la culture et les mauvaises herbes ont levé. Cela évite d'utiliser une combinaison de plusieurs herbicides pour différentes mauvaises herbes et réduit la quantité d'énergie requise pour les applications répétées d'herbicide (de grandes multinationales sont également actives au Canada dans de domaine).

B) Engrais

Les **engrais** sont des substances chimiques qui fournissent de l'azote, du phosphore, du potassium, du soufre et certain autres éléments qui, selon la qualité du sol, peuvent être nécessaires pour obtenir une croissance optimale des cultures et des plantes en général. En 1994, on comptait 12 principaux producteurs d'engrais au Canada, dont 22 établissements qui employaient 5 800 personnes et exportaient pour 2,4 milliards $ de produits (73 % des livraisons totales). Le Canada fournit près de 40 % des besoins mondiaux d'engrais de

potassium et de soufre, et l'industrie canadienne des engrais a investi près de 500 millions $ en travaux d'expansion entre 1995 et 1997. Certaines des plus importantes entreprises de production d'engrais sont implantées au Canada. Les recherches actuelles dans cette industrie portent sur :

- formulations d'azote à libération lente;
- nouveaux engrais à base de soufre;
- engrais combinés plus concentrés;
- inclusion d'oligo-éléments tels le calcium, le magnésium, le fer, le cuivre, le bore, le zinc;
- meilleure compréhension de l'écologie et de la microbiologie du sol pour mettre au point de nouveaux produits.

La première génération d'engrais biologiques était basée sur des bactéries Rhizobium naturelles que l'on retrouve dans les nodosités des racines des légumineuses (pois, lentilles, luzerne, mélilot). Ces bactéries fixent l'azote de l'air et agissent comme une source d'azote pour les plantes sans avoir recours aux engrais chimiques. Des entreprises canadiennes comme Premier Tech (Rivière du Loup, Québec), Agrium Biologicals (Saskatoon, Saskatchewan), Philom Bios (Saskatoon, Saskatchewan), MicroBio Rhizogen (Saskatoon, Saskatchewan) et Grow Tech Inc. (Nisku, Alberta) ont isolé des populations naturelles de ces bactéries qui fixent l'azote de façon particulièrement efficace et en ont fait des engrais biologiques pour les légumineuses. Philom Bios offre également un engrais phosphaté biologique qui aide les plantes à capter les phosphates qui existent déjà dans le sol, ce qui réduit les besoins d'engrais phosphaté chimique. Lorsque ces engrais biologiques sont utilisés pour enrober des semences avant le semis, la culture bénéficie de conditions de croissance améliorées à partir de la germination.

Les engrais biologiques peuvent réduire les besoins d'engrais azoté et phosphaté, et réduire ainsi la perte d'engrais par ruissellement dans les lacs et cours d'eau où ils peuvent contribuer à la prolifération des algues et à l'eutrophisation. Cela signifie également que moins d'engrais sont utilisés, ce qui économise l'énergie requise pour fabriquer l'engrais, le transporter et l'appliquer (et réduit en même temps les émission de gaz à effet de serre). Des travaux sont en cours pour munir des plantes autres que des légumineuses de nodules radicaux de façon à ce qu'elles puissent également croître sans l'addition d'engrais azoté.

Une meilleure compréhension des propriétés microbiologiques des sols agricoles permettra d'en améliorer le rendement grâce au rétablissement des consortiums microbiens naturels perturbés par l'agriculture intensive.

4.1.3.1 Applications de la biotechnologie

La contribution de la biotechnologie à une production plus propre dans ce domaine se fait réellement par l'entremise de solutions de rechange aux pesticides et aux engrais chimiques ou aux mesures chimiques (p. ex. diagnostic rapide des ravageurs ou engrais biologiques comme il est expliqué en détails plus haut), qui se traduisent par une utilisation réduite des pesticides et engrais chimiques dans l'ensemble.

4.1.3.2 Capacité de recherche et de développement

Le Canada dispose de grandes capacités de recherche dans le domaine de la lutte biologique. Outre les réseaux comme Insect Biotech et la recherche sur les baculovirus à Forêts Canada, des travaux considérables sont en cours à l'Institut de biotechnologie des plantes du CNRC et à Agriculture et Agroalimentaire Canada pour conférer à des cultures importantes comme le canola et le blé une résistance aux ravageurs par le génie génétique.

De même, on dispose de grandes capacités de recherche au Canada sur la fertilité du sol et les pratiques agricoles, notamment l'utilisation des engrais, qui peuvent contribuer à garder les sols fertiles. On fait aussi de plus en plus appel à un labourage moins intensif du sol pour maintenir les systèmes microbiens naturels dans le sol et pour maintenir ou augmenter la concentration de matières organiques dans le sol qui est un puits de carbone plus important que la biomasse sur pied dans les forêts[27].

4.1.3.3 Capacité de réception

Dans le domaine des pesticides, la capacité de réception est limitée. Les entreprises qui utilisent des technologies biologiques sont petites, elles ne desservent généralement que des marchés régionaux et elles ont de la difficulté à attirer les capitaux. Les multinationales qui sont actives au Canada font généralement la formulation des produits existants élaborés ailleurs plutôt que d'en élaborer de nouveaux.

En ce qui a trait aux engrais, la capacité de réception semble bien meilleure. Comme on l'a dit plus haut, certaines des plus importantes entreprises de production d'engrais sont implantées au Canada, et on réalise qu'une meilleure compréhension de l'écologie et de la microbiologie des sols est un facteur important dans la mise au point de méthodes et de produits plus efficaces et durables pour maintenir les sols fertiles.

Chapter contents *Footnotes* *Table of contents*

4.1.4 Préparations chimiques

Les préparations chimiques constituent une grande catégorie qui comprend :

- les peintures et les revêtements;
- les adhésifs et les scellants;
- les cosmétiques et les produits de parfumerie;
- les savons et les détergents;
- les lubrifiants et les autres formulations.

Comme on possède peu d'information sur l'utilisation de la biotechnologie dans ces segments de l'industrie chimique, la discussion en sera très brève.

A) Peintures et revêtements

En 1998, l'industrie canadienne des **peintures et des revêtements** comprenait 120 établissements qui employaient 6 600 personnes et dont les livraisons atteignaient 1,8 milliard $, dont 251 millions $ en exportations. Le liant (le matériau de base formant le revêtement) dans les peintures était habituellement préparé à partir d'huile de lin ou de soja. Maintenant, la plupart des peintures et des revêtements sont faits à partir des résines synthétiques plus performantes comme les résines alkydes, acryliques, vinyliques, époxydes, uréthanes, polyesters, phénoliques et siliconiques. Par suite des pressions environnementales pour réduire les émissions de composés organiques volatils, on a opté pour les préparations à base d'eau dans la mesure du possible. On n'a trouvé aucune information sur la R-D ou des applications commerciales liées à la

biotechnologie dans la production des ingrédients des peintures et des revêtements.

B) Adhésifs et scellants

L'industrie des **adhésifs et des scellants** en 1998 comprenait 42 établissements qui employaient 1 790 personnes et dont les livraisons atteignaient 450 millions $, dont 186 millions $ en exportations. Dans ce segment de l'industrie, les produits qui offrent un rendement bas à moyen ont souvent pour base des produits naturels comme l'amidon, la dextrine, le caoutchouc naturel ou une protéine; toutefois, la concurrence est grande de la part des polymères synthétiques comme l'acétate de polyvinyle, l'alcool polyvinylique, les polyesters, les acryliques, le néoprène, le butylcaoutchouc et les résines phénoliques. Les adhésifs et les scellants présentant un haut rendement ont des propriétés améliorées (force d'adhésion, capacité d'élongation, durabilité et résistance aux intempéries ou aux microorganismes), et les produits dans ce segment du marché sont exclusivement des polymères synthétiques comme les polymères à base d'époxyde, de polysulfure, de cyanoacrylate et de silicone.

Un usage intéressant de la biocatalyse dans le domaine des adhésifs consiste à utiliser la peroxydase pour remplacer le formaldéhyde toxique dans la production des résines phénoliques. La société Enzymol International (Columbus, Ohio) a mis au point un procédé breveté qui fait appel à la peroxydase extraite du tégument du soja pour produire les radicaux libres nécessaires pour polymériser les substances phénoliques. Un procédé similaire a été mis au point par Forintek et est maintenant utilisé par CanFibre (Vancouver, Colombie-Britannique) pour remplacer le formaldéhyde dans le procédé classique de fabrication des panneaux de fibres à densité moyenne à l'urée-formaldhéhyde[28].

L'industrie des peintures et des revêtements ainsi que celle des adhésifs et des scellants sont des industries parvenues à maturité qui croissent à peu près au même rythme que l'ensemble de l'économie, quoique dans certains secteurs spécialisés le taux de croissance puisse être significativement plus élevé. La plupart des entreprises canadiennes dans ces segments de l'industrie sont des filiales de multinationales et peu d'entre elles font de la R-D sur des matières premières ou des préparations chimiques; elles s'en remettent plutôt aux sociétés mères en ce qui concerne la R-D et la technologie. Toutefois, elles dépendent également des fournisseurs de matières premières pour l'introduction de nouvelles technologies. Bon nombre de ces fournisseurs sont des PME canadiennes, et c'est par l'entremise de ces entreprises que des bioprocédés et des matériaux de source biologique renouvelables pourront finir par être utilisés couramment.

C) Cosmétiques et produits de parfumerie

L'industrie des **cosmétiques et des produits de parfumerie** a toujours utilisé abondamment les matériaux de sources biologiques et les produits de chimie fine. Plusieurs petites entreprises canadiennes comme Bioriginal (Saskatoon, Saskatchewan), Canamino (Saskatoon, Saskatchewan), Fytochem (Saskatoon, Saskatchewan) et Natunola (Winchester, Ontario) sont des exemples d'entreprises qui sont des fournisseurs d'extraits végétaux hautement purifiés (huiles, amidons) pour cette industrie. La biotechnologie peut être utilisée pour modifier le profil des huiles produites par les plantes de façon à leur conférer des propriétés particulières; toutefois, aucun exemple de ce genre n'a été relevé au stade commercial ou de la R-D. Des enzymes sont également utilisées dans l'industrie des cosmétiques, par exemple la laccase dans les colorants capillaires[29].

D) Savons et détergents

L'industrie des **savons et des détergents** utilise également des matières premières dérivées de la biomasse et

des enzymes. La plupart des savons sont produits à partir d'huiles et de graisses végétales ou animales. On n'a trouvé aucune information sur l'utilisation de la biotechnologie dans la production ou la transformation de ces matières. La plupart des détergents renferment des enzymes qui facilitent l'élimination des taches (lipases pour les graisses, protéases pour les protéines) ou qui empêchent le boulochage du coton (cellulases). Les enzymes sont habituellement obtenues par fermentation à l'aide de microorganismes génétiquement modifiés et elles peuvent contribuer à des économies secondaires d'énergie dans l'utilisation de ces produits, car elles permettent d'utiliser de l'eau tiède ou froide au lieu d'eau chaude pour la lessive.

F) Lubrifiants

L'industrie des **lubrifiants** est dominée par des produits dérivés du pétrole. Les huiles de canola à teneur élevée en acide érucique ont été utilisées comme lubrifiants industriels; elles présentent l'avantage d'être plus rapidement biodégradables et moins toxiques que les produits homologues tirés du pétrole. Des travaux sont en cours dans ce domaine et des domaines connexes à l'Institut de biotechnologie des plantes du CNRC, à Saskatoon.

Contenu du chapitre *Notes en bas de page* *Table des matières*

4.1.5 Évaluation du secteur

Decision Resources a présenté une vision de l'avenir de l'utilisation de la biotechnologie dans l'industrie chimique :

® La tendance générale à la convergence entre la chimie et la biologie est manifeste dans la stratégie de plus en plus populaire qui consiste à associer des procédés de production chimiques et biotechnologiques. Comme on l'a fait remarquer, la biotechnologie est déjà utilisée pour produire des intermédiaires d'un certain nombre de produits chimiques, les procédés synthétiques étant utilisés pour les produits finals. Nous prévoyons une longue et lente transition au cours de laquelle les procédés chimiques et biotechnologiques seront amalgamés plus étroitement et la biotechnologie prendra de plus en plus d'importance dans les procédés de production, mais probablement sans jamais supplanter totalement les procédés chimiques ¯.

Les obstacles à cette tendance au Canada sont interdépendants et comprennent le coût, l'absence d'investissement et l'absence d'expertise interne, ainsi que l'absence d'occasions de formation interdisciplinaire dans ce domaine pour les chimistes, les ingénieurs chimistes, les biochimistes, les spécialistes de l'écologie microbienne, les spécialistes de la biologie moléculaire et les chercheurs dans le domaine du génome.

Le marché de la plupart des produits chimiques est très sensible à l'évolution des coûts. C'est là le principal obstacle à l'adoption de la biotechnologie, notamment dans le segment des produits chimiques industriels, jusqu'à ce que les progrès technologiques et la demande sur le marché rendent la biotechnologie intéressante sur le plan économique. La réglementation peut également augmenter le coût de production des produits chimiques obtenus à l'aide de la biotechnologie comparativement à ceux obtenus à l'aide des procédés classiques, car les fabricants de produits chimiques risquent de ne pas avoir l'expertise des affaires réglementaires nécessaire relative au processus d'approbation des produits de la biotechnologie, ou peuvent ne pas être prêts à défrayer les coûts d'une soumission réglementaire. De nombreuses entreprises, en raison

de ces coûts continuent à fabriquer ou d'utiliser un produit obtenu par une méthode classique qui est déjà approuvée, même s'il est moins respectueux de l'environnement.

L'absence d'expertise interne en R-D en biotechnologie constitue un autre obstacle, notamment dans le segment des produits chimiques industriels. Les entreprises canadiennes, dont bon nombre sont des filiales de multinationales, peuvent avoir des difficultés à justifier des investissements importants en R-D interne en biotechnologie. Toutefois, si la tendance actuelle vers une utilisation accrue de la biotechnologie se poursuit dans l'industrie chimique mondiale, un plus grand intérêt se manifestera probablement pour une collaboration en R-D avec des chercheurs universitaires ou gouvernementaux canadiens et pour des alliances stratégiques avec des entreprises canadiennes spécialisées dans le développement de biotechnologies (un peu comme ce qui est arrivé dans l'industrie pharmaceutique à la fin des années 1980). En fait, il pourrait être possible d'attirer des investissements de multinationales de l'industrie chimique européenne qui envisagent de développer leurs capacités en bioprocédés, mais dont les plans sont contrecarrés par l'opinion publique défavorable en Europe[30]. Des entreprises comme DSM qui sont présentes au Canada, mais qui produisent des produits de chimie fine à l'aide de bioprocédés uniquement en Europe, pourraient ainsi être intéressées. Les motifs ne manquent pas pour accroître l'aide à la science et à l'innovation dans le domaine de la biotechnologie et des productions moins polluantes[31] et pour appuyer :

- les réseaux de recherche au sein des universités et des gouvernements;
- la formation d'entreprises nées d'efforts de recherche et spécialisées dans le développement de bioprocédés industriels;
- les programmes portant sur le développement de la technologie (GRDE), le transfert de technologie et la R-D industrielle (p. ex. PARI) et la démonstration de technologies (p. ex. PTC).

Cette aide peut favoriser la création de réseaux de recherche pluridisciplinaire (y compris des Réseaux de centres d'excellence) qui vont fournir l'expertise dans diverses disciplines qui est si essentielle dans ce domaine. Les liens entre la recherche pluridisciplinaire dans ce domaine et des entreprises peuvent créer un terrain fertile pour une combinaison des capacités scientifiques et des nouveaux besoins et possibilités du marché grâce à un phénomène appelé ® guide technologique ¯

Un domaine prometteur qui pourrait bénéficier d'un tel guide technologique est la mise au point d'une ® bioraffinerie ¯ pour la production d'éthanol ou d'autres produits chimiques en vrac à partir de la biomasse.

Les atouts et la diversité des entreprises canadiennes dans le domaine des produits de chimie fine permettent de penser que des ® bioraffineries ¯ pour l'éthanol ou d'autres produits chimiques en vrac pourraient être rentables si elles produisaient en même temps des produits de chimie fine et d'autres sous-produits à valeur ajoutée. Il faudrait une approche systémique et des alliances stratégiques avec des grappes d'entreprises qui :

- cultivent et récoltent de la biomasse;
- produisent et vendent de l'éthanol et/ou d'autres produits chimiques industriels en vrac;
- modifient et cultivent des plantes renfermant des produits de chimie fine à valeur ajoutée,
- extraient et vendent des parfums, des cosmétiques, des nutraceutiques et des produits pharmaceutiques;
- élaborent des aliments pour animaux à valeur ajoutée;
- produisent et vendent des engrais biologiques et du compost obtenus à partir de déchets de matières organiques;
- identifient de nouvelles substances et biocatalyseurs et les organismes ou les gènes qui les produisent par la bioprospection[32].

La possibilité de réaliser une telle synergie est particulièrement grande en Saskatchewan, en Ontario et au Québec, où les occasions d'élaborer des projets de démonstrations sont meilleures en raison de la masse critique de compagnies et de chercheurs qui pourraient se regrouper autour de ce type de concept.

Le secteur des produits chimiques jouera un rôle important dans la transformation d'une foule d'industries canadiennes vers une production plus propre en fournissant la technologie (biocatalyseurs, procédés et produits tirés de matières premières renouvelables) nécessaire. On peut se demander si une grande partie de ces technologies viendront de l'industrie chimique canadienne ou d'ailleurs. L'adoption d'une technologie de production plus propre et de ressources renouvelables mènera à la création de nombreux nouveaux marchés à créneaux; si l'industrie chimique canadienne n'est pas prête à fournir cette technologie, le Canada sera perdant face à ces nouvelles possibilités de croissance.

Les principales entreprises chimiques au Canada sont en grande partie des filiales de multinationales. Un certain nombre d'entre elles ont démontré une forte capacité de réception face aux technologies chimiques classiques et la capacité d'exporter leurs produits sur les marchés mondiaux. Toutefois, peu d'entre elles disposent de l'expertise nécessaire dans le développement de bioprocédés et de bioproduits. Par contre, la recherche sur les bioprocédés est un secteur vigoureux dans les laboratoires universitaires et gouvernementaux et il leur est possible de contribuer à une foule de projets de R-D industrielle et de démonstration avec l'industrie dans le cadre des programmes d'aide existants du gouvernement[33]. De telles initiatives et le Programme de crédits d'impôt pour la recherche scientifique et le développement expérimental peuvent inciter fortement les entreprises chimiques à utiliser une assise canadienne pour innover vers des bioprocédés moins polluants et des bioproduits renouvelables.

Le principal avantage du Canada est l'étendue de son territoire et l'immense biomasse qui lui est associées, qui peut permettre le développement d'une importante industrie chimique utilisant des matières premières renouvelables. En outre, il existe déjà une industrie naissante au Canada qui fait appel à de nouveaux usages de la biomasse agricole et forestière pour produire des produits de chimie fine, des cosmétiques, des suppléments alimentaires, des nutraceutiques, des aliments pour animaux, des matériaux composites durables et d'autres produits à valeur ajoutée. Lorsqu'on combine ces facteurs à l'abondance d'énergie hydroélectrique renouvelable, à la présence d'autres industries primaires qui sont d'importants consommateurs de produits chimiques et aux généreux incitatifs pour la R-D industrielle, on peut affirmer que le Canada est un endroit idéal pour asseoir la nouvelle génération d'industries chimiques utilisant des matières premières renouvelables.

Notes en bas de page:

1. Decision Resources, Biotechnology's Impact on the Chemical Industry (1998).
   Retour au text

2. OCDE, La biotechnologie au service de produits et de procédés industriels propres, p. 34 (1998).
   Retour au text

3. Decision Resources, Biotechnology's Impact on the Chemical Industry, p. 18 (1998).
   Retour au text

4. Alper, J. , ® Engineering metabolism for commercial gains ¯, Science Vol.. 283, p. 1625 (1999).

Retour au text

5. OCDE, La biotechnologie au service de produits et de procédés industriels propres, p. 35 (1998).
Retour au text

6. OCDE, La biotechnologie au service de produits et de procédés industriels propres, p. 35 (1998).
Retour au text

7. OCDE, La biotechnologie au service de produits et de procédés industriels propres, p. 37 (1998).
Retour au text

8. Decision Resources, Biotechnology's Impact on the Chemical Industry (1998).
Retour au text

9. FEMS Microbiology Letters, Vol. 128, p. 219-228 (1995).
Retour au text

10. Nature Biotechnology, Vol. 17, p. 541-544 (1999).
Retour au text

11. Decision Resources, Biotechnology's Impact on the Chemical Industry, p. 37 (1998).
Retour au text

12. Decision Resources, Biotechnology's Impact on the Chemical Industry (1998).
Retour au text

13. Par exemple : Conseil national de recherches (IRB, ISB), Saskatchewan Research Council, Alberta Research Council, Centre québécois de valorisation de la biomasse.
Retour au text

14. Par exemple : University of British Columbia, University of Calgary, University of Saskatchewan, Waterloo University, University of Toronto, Ryerson Polytechnical University, Queen's University, Université McGill, École Polytechnique de Montréal, Université Laval.
Retour au text

15. OCDE, La biotechnologie au service de produits et de procédés industriels propres, p. 81 (1998).
Retour au text

16. Communiquer avec le prof. David Layzell, à la Queen's University
Retour au text

17. Statistique Canada, Enquête sur l'utilisation des biotechnologies par l'industrie canadienne (1998). (Voir la section 7.2).
Retour au texte

18. Tembec est un exemple d'entreprise dans laquelle la biotechnologie a évolué du traitement des eaux usées à la production d'une substance chimique à valeur ajoutée, soit l'éthanol à partir de liqueur de sulfite résiduaire.
Retour au text

19. Genetic Engineering News, Août 1999, p. 25.
Retour au text

20. Decision Resources, Biotechnology's Impact on the Chemical Industry, (1998).
Retour au text

21. Freedonia Group, Plant Derived Chemicals. Market Evaluation, (1998).
Retour au text

22. Freedonia Group, Chiral Chemicals to 2003, (1999).
Retour au text

23. European Commission Institute for Prospective Technological Studies, Biocatalysis : State of the Art in Europe, (1998).
Retour au text

24. Par exemple : Toronto Research Chemicals, Dalton Chemicals, Kemestrie.
Retour au text

25. Il y a de fortes capacités en biotechnologie végétale et en chimie des produits naturels dans des établissements comme la University of British Columbia, la University of Toronto et dans les communautés de biotechnologie bien réseautées en Saskatchewan et au Québec.
Retour au text

26. Decision Resources, Biotechnology's Impact on the Chemical Industry, (1998).
Retour au text

27. Le réseau BIOCAP estime que la biomasse sur pied des forêts canadiennes renferme environ 14 500 MT de carbone, alors qu'il estime à 76 000 MT le carbone contenu dans le sol, les terres humides et les tourbières.
Retour au text

28. Information tirée d'Industrie Canada, Direction des produits chimiques et des matières plastiques, sur STRATEGIS .
Retour au text

29. Decision Resources, Biotechnology's Impact on the Chemical Industry, (1998).
Retour au text

30. Cela s'est déjà produit dans le domaine de l'agrobiologique.
Retour au text

31.D'autres pays ont déjà pris cette direction. Au printemps 2000, le gouvernement fédéral de l'Allemagne annoncera un programme de R-D sur la biotechnologie et les productions moins polluantes.
Retour au text

32. Dans cette optique, l'industrie canadienne de la biorestauration possède déjà l'expertise pour identifier les microorganismes qui peuvent survivre dans des environnements extrêmes et qui peuvent métaboliser certains produits chimiques. Le défi consistera à associer cette expertise à une expertise complémentaire permettant de cribler, de sélectionner et d'utiliser ces organismes comme matériel de départ pour mettre au point de nouveaux bioprocédés industriels moins polluants.
Retour au text

33. Par exemple, le Programme coopératif de R-D (Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie), le Programme d'aide à la recherche industrielle (Conseil national de recherches), le Programme de recherche et de développement énergétique (Ressources naturelles Canada) et Partenariat technologique Canada (Industrie Canada).
Retour au text

Page précédente *Table des matières* *Page suivante*

Aide Quoi de neuf Carte du site Opinion Contexte English Haut de la page

Canada

http://strategis.ic.gc.ca

Auteur - Industrie Canada - Direction générale des sciences de la vie

Date de diffusion - 2000-10-24

4.2 Le secteur forestier au Canada

4.2.1 Foresterie et industrie des ressources forestières

4.2.1.1 Applications de la biotechnologie

4.2.2 Industrie des pâtes et papiers

4.2.2.1 Applications de la biotechnologie

4.2.3 Industrie des produits du bois

4.2.3.1 Applications de la biotechnologie

4.2.4 Capacité de recherche et de développement

4.2.5 Capacité de réception

4.2.6 Évaluation du secteur

Le secteur forestier du Canada comprend deux groupes principaux : l'industrie de l'exploitation forestière et la fabrication de produits forestiers (dont le papier et les industries connexes, ainsi que l'industrie de la transformation du bois). L'industrie de l'exploitation forestière englobe divers types d'intervenants, comme les sociétés qui mènent leurs opérations en vertu d'un permis sur des terres forestières de l'État, les pépinières et les entreprises de sylviculture (les sociétés fournissant des services de biotechnologie appliquée à la foresterie font partie de ce groupe) et des centaines de producteurs exploitant des terres boisées qui appartiennent à des intérêts privés. Parmi les entreprises canadiennes qui fabriquent des produits forestiers, on constate de grandes divergences sur le plan technologique, mais aussi des liens étroits dus au fait qu'elles partagent la même source de matières premières, souvent à l'intérieur d'un même territoire[1].

Les forêts du Canada couvrent 45 % du territoire (977 millions d'hectares au total) et représentent 10 % des forêts de la planète. Deux cent quarante cinq millions des 418 millions d'hectares de forêts au Canada sont considérées comme des forêts commerciales propres à la production de bois d'oeuvre. Environ 119 millions d'hectares des forêts commerciales sont disponibles pour la production de bois d'oeuvre pour le moment. Les forêts au Canada sont en grande partie de propriété publique (provinces : 71 %; fédéral : 23 %). Le reste (6 %) appartient à des intérêts privés (425 000 propriétaires privés de terres forestières, qui varient des petits propriétaires de terres individuelles, lesquels prédominent dans les provinces de l'Atlantique, aux grandes entreprises forestières en Colombie-Britannique).

Les possibilités de coupe annuelles en 1997 atteignaient 236,5 millions de mètres cubes : 175,6 millions de m^3 de résineux et 61 millions de m^3 de feuillus. Chaque année, le Canada récolte moins de la moitié de un pour cent de ses ressources forestières (1 023 680 hectares, 187,8 millions de m^3 en 1997). En 1997, 4 millions d'hectares ont été touchés par la défoliation par des insectes et 0,6 million d'hectares ont été perdus à la suite de feux de forêt. En 1997, 16 % seulement de l'ensemble des terres forestières, qui sont récoltées au

Canada depuis 1975, avaient besoin d'un traitement supplémentaire pour la régénération d'espèces commerciales. Par comparaison, en 1990, 25 % de l'ensemble des terres forestières, récoltées depuis 1975, avaient besoin d'un traitement supplémentaire. En 1997, 642 millions de semis ont été plantés sur 433 826 hectares et 24 812 hectares ont été ensemencés. Au cours de la même année, la vente de bois récolté sur des terres provinciales a généré des revenus de 2,6 milliards de dollars.

Les forêts canadiennes ont une foule d'usages industriels, commerciaux, culturels et de loisir. Les activités de loisir et les activités autres que la récolte du bois procurent des retombées économiques importantes en terme d'emplois, de recettes, de contribution au PIB et de revenus pour les gouvernements. Ces activités sont importantes pour le bien-être économique de nombreuses collectivités rurales. En 1996, les dépenses des Canadiens pour des activités liées à la nature au Canada ont atteint 11,0 milliards de dollars.

Le secteur forestier est l'une des industries les plus importantes et les plus diverses sur le plan géographique au pays, ses activités se retrouvant dans toutes les provinces et territoires. C'est le plus important employeur non urbain au Canada, il fait vivre des centaines de collectivités rurales, c'est le plus gros exportateur net au Canada et il apporte une énorme contribution à la balance commerciale du pays. En 1998, la contribution du secteur forestier à l'économie canadienne (c.-à-d. le PIB) était de 2,4 %, soit 18,2 milliards de dollars. Les emplois totaux (directs et indirects) atteignaient 877 000 (Québec : 200 000; Colombie-Britannique : 175 000; Ontario : 174 000; autres : 328 000). Les emplois directs atteignaient 384 000 (soit 2,7 % de tous les emplois au Canada) : 180 000 dans les industries du bois, 128 000 dans le papier et les industries connexes, 62 000 dans la coupe du bois et 14 000 dans les services forestiers). En 1997, les salaires et traitements reliés aux emplois directs étaient estimés à 11,8 milliards de dollars, et les livraisons à 70,3 milliards de dollars. Comparativement à 1997, les livraisons de pâte et de papier en 1998 ont diminué de 1 % pour atteindre 29,1 millions de tonnes. La production de bois d'oeuvre est restée au niveau record de 1997, soit 27,6 millions de mètres cubes. En 1998, les nouveaux investissements (capitaux uniquement) totalisaient 3,7 milliards de dollars, soit 2,5 milliard (68 %) pour le papier et les produits connexes, 0,8 milliard (23 %) pour les industries du bois et 0,3 milliard (9 %) pour la coupe du bois.

Le Canada est le plus gros exportateur mondial de produits forestiers (sa part de marché mondial atteint 19 %). En 1998, les produits forestiers constituaient la plus grande part de l'excédent de la balance commerciale du Canada, soit 31,7 milliards de dollars. La valeur totale des exportations canadiennes a augmenté de 2,1 % en 1998, pour atteindre 39,7 milliards de dollars : 13,2 milliards (33 %) en Colombie-Britannique, 10,8 milliards (27 %) au Québec, 8,1 milliards (20 %) en Ontario et 7,6 milliards (20 %) dans les autres provinces.

L'industrie de la biotechnologie appliquée au secteur forestier est formée d'entreprises qui fournissent des produits et/ou des services de biotechnologie à l'industrie forestière. On ne peut pas décrire cette industrie en fonction du système de Classification type des industries, mais on y retrouve certains éléments des catégories suivantes :

- produits et services de pépinière (CTI 0163);
- produits de poudrage et de pulvérisation des cultures (CTI 0222);
- foresterie (c.-à-d. exploitation forestière - CTI 04; industries des services forestiers - CTI 051);
- industries du papier et produits connexes (CTI 27);
- industries du bois (CTI 25);
- énergie, biocarburants et produits chimiques tirés de la biomasse forestière (c.-à-d. industries émergentes dont le code CTI n'est pas encore disponible).

La biotechnologie peut réduire la consommation d'énergie et la pollution de l'environnement dans le secteur forestier en fournissant des outils qui permettent :

- une durabilité et une efficacité accrues dans l'aménagement, la régénération et la protection des forêts (pour produire davantage de bois avec une consommation moindre d'énergie et de produits chimiques);
- l'amélioration des propriétés génétiques des arbres, soit par la sélection d'essences naturelles ayant des caractéristiques souhaitables, soit par le génie génétique (p. ex., une croissance plus rapide ou la modification de la lignine afin de faciliter la transformation en pâte;
- la protection, après la coupe, des arbres et du bois contre les maladies et les ravageurs (moins de pertes de fibre ligneuse; matière première de meilleure qualité parce qu'il n'y a pas de dommages ni d'altération);
- la mise au point de technologies plus efficaces de biotraitement et la réutilisation des eaux usées;
- un recyclage plus efficace des produits forestiers (p. ex., produits de papier et du bois recyclés après consommation, efficacité accrue de la conversion en produits recyclés).

Contenu du chapitre *Notes en bas de page* *Table des matières*

4.2.1 Foresterie et industrie des ressources forestières

En 1996, l'industrie de la coupe du bois et la foresterie contribuaient pour un montant de 4 milliards de dollars au PIB du Canada et employaient quelque 79 000 travailleurs, dont 80 % dans la coupe du bois, et 20 % dans les services liés à la foresterie. Les revenus de ces travailleurs sont généralement beaucoup plus élevés que la moyenne des revenus au Canada. Il existe de grandes différences régionales relativement à l'importance de ces industries pour l'emploi, la dépendance du secteur de l'emploi envers la coupe du bois et les services liés à la foresterie étant beaucoup plus grande en Colombie-Britannique, en Saskatchewan, au Québec et dans les provinces de l'Atlantique que dans le reste du pays. Les collectivités rurales sont particulièrement tributaires de ces sources d'emploi dans certaines parties du pays.

En plus de fournir une valeur économique et la matière première pour l'industrie des produits forestiers, les forêts du Canada revêtent une grande importance sur le plan social et environnemental car elles fournissent l'espace pour des activités de loisir et un contact avec la nature, elles aident à préserver la pureté de l'eau et la biodiversité et à éviter l'érosion des sols; elles fournissent des habitats à la faune et contribuent au recyclage du carbone, de l'oxygène et d'autres substances essentielles à la vie.

4.2.1.1 Applications de la biotechnologie

La biotechnologie peut contribuer à un aménagement forestier durable. Elle fournit des outils qui permettent d'évaluer la diversité génétique des peuplements d'arbres ainsi que les microorganismes du sol. Elle peut également servir à accroître la qualité des semis utilisées pour la régénération des forêts et la gestion des plantations forestières, ou encore elle peut être utilisée pour renforcer la protection des forêts grâce à la lutte biologique. La biotechnologie peut aider à atténuer le changement climatique en renforçant la capacité des forêts d'agir comme des puits de carbone (p. ex., par l'entretien opportun de la forêt primaire, par

l'aménagement de la forêt secondaire et par la contribution à la productivité des forêts faisant l'objet d'une gestion intensive)[2, 3, 4].

Les applications de la biotechnologie dans le domaine de la foresterie et des ressources forestières peuvent être classées en trois catégories distinctes : protection des forêts, régénération des forêts et amélioration des arbres.

A) Protection des forêts

Les marqueurs génétiques[5] sont utilisés pour l'évaluation de la diversité biologique d'essences d'arbres (ainsi, on peut prendre des mesures pour maintenir la diversité génétique des arbres de la forêt), mais ils peuvent aussi servir à l'identification de caractères tels que la résistance à des maladies.

Les pièges appâtés avec des phéromones[6] aident à la détection rapide d'une invasion d'insectes nuisibles, de sorte que l'on peut prendre sans tarder les mesures nécessaires et diminuer les pulvérisations superflues de pesticides, d'où des économies d'énergie et de coûts. Les phéromones sexuelles et les substances semiochimiques ou écomones sont des produits naturels qui représentent des outils polyvalents pour la lutte antiparasitaire dans les forêts du Canada. Phero Tech Inc. une entreprise canadienne de biotechnologie située à Delta (Colombie-Britannique), est un chef de file reconnu dans le développement commercial de la recherche effectuée au Canada par les organisations telles que le Service canadien des forêts , la University of British Columbia et la Simon Fraser University .

La lutte biologique contre les ravageurs forestiers est une option intéressante pour remplacer les insecticides chimiques à large spectre qui peuvent détruire tant les insectes utiles que ceux qui sont nuisibles. Nos préoccupations sur le plan de la santé, de la sécurité et de l'environnement nous incitent à utiliser de moins en moins les insecticides chimiques. Près de 30 millions d'acres de forêts canadiennes subissent une défoliation modérée à sévère par les insectes, et l'on estime qu'au moins 10 % de cette superficie pourraient bénéficier d'un traitement aux biopesticides. À l'heure actuelle, *Bacillus thuringiensis* (un biopesticide bactérien également appelé B.t.) est le seul biopesticide important utilisé en foresterie. Les ventes annuelles de B.t. sont estimées à 40 millions de dollars par année en Amérique du Nord. Ces ventes représentent moins de 1 % du marché mondial potentiel évalué à 5 milliards de dollars pour les biopesticides, ce qui donne une indication de la valeur économique pouvant découler de la mise au point d'autres produits similaires. D'autres biopesticides tels que des virus d'insectes ont été préparés et homologués par le Service canadien des forêts pour lutter contre la spongieuse (*Lymantria dyspar*), la chenille à houppes du douglas (*Orgyia pseudotsugata*) et le diprion de LeConte (*Neodiprion lecontei*). Un bioherbicide fongique pour la gestion de la végétation est en voie de commercialisation par Mycologic, et le marché nord-américain est estimé à 48 millions de dollars par année[7].

B) Régénération des forêts

Quelque 700 millions de semis sont plantés annuellement au Canada en vue de régénérer les forêts sur 0,5 million d'hectares de terres. Moins de 10 % de ces semis proviennent de propagules qui ont été sélectionnés ou améliorés génétiquement pour une meilleure survie et une croissance plus rapide. Cette superficie reboisée représente moins de 0,2 % de la forêt productive et un peu plus de 0,1 % de la superficie boisée totale. Aux États-Unis, 1,9 milliard d'arbres sont plantés annuellement sur 1,2 million d'hectares. À l'échelle planétaire, il y a environ 11 milliards d'arbres qui sont plantés chaque année.

L'échec des semis plantés entraîne une régénération moins optimale des forêts et nécessite parfois une

nouvelle plantation, ce qui augmente les coûts et la consommation d'énergie. Les gains sur le plan de la biomasse (et de la séquestration accrue du carbone) grâce à l'amélioration génétique des arbres se situeraient entre 10 % et 100 % par génération. Pour réaliser ces gains potentiels, on utilise la culture de tissus pour la microreproduction, à l'échelle commerciale, de conifères naturels sélectionnés au Nouveau-Brunswick (J.D. Irving Co.) , au Québec (ministère des Ressources naturelles) et en Colombie-Britannique (BCRI Inc.; Silvagen Inc.; Pacific Biotechnologies Inc.). Par exemple, BCRI produit 600 000 semis d'épinettes de Sitka (*Picea sitchensis*) résistant au charançon[8]. Des entreprises telles qu'Agrium Biologicals participent également à la mise au point de biofertilisants (p. ex., des bactéries du genre *Rhizobium* favorisant la croissance des végétaux) qui aident au développement des semis dans les pépinières forestières.

La valeur économique de produits dérivés de la biotechnologie dans la protection et la régénération des forêts ne se limite pas à la valeur des ventes directes en raison de l'effet multiplicateur pour les utilisateurs en bout de ligne, grâce à une productivité accrue du secteur forestier. Outre les principaux avantages directs pour la foresterie, les retombées de la biotechnologie forestière pourraient aussi avoir un impact sur d'autres secteurs, où les technologies et les produits mis au point pour des applications en foresterie pourraient être exploités à d'autres fins (notamment la production de vaccins et de composés pharmaceutiques utilisant les vecteurs d'expression de baculovirus dans des colonies d'insectes).

C) Amélioration des arbres

i) Sélection de souches naturelles supérieures

La biotechnologie fournit des outils efficaces pour l'identification de génotypes d'arbres présentant des caractères souhaitables au moyen de techniques fondées sur des marqueurs génétiques. Elle permet également de conserver des essences forestières qui sont rares ou en danger de disparition grâce à la culture de tissus et à la cryopréservation.

ii) Amélioration génétique des arbres pour la foresterie

Les arbres améliorés génétiquement sont destinés à une utilisation dans les forêts à gestion intensive et dans les plantations forestières où les pratiques de gestion peuvent favoriser l'augmentation de la productivité, ce qui rend l'utilisation de ce stock d'arbres économiquement rentable. Les travaux en ce domaine portent nécessairement sur de longues périodes, car la plupart des arbres qui ont une importance économique ont un long cycle de vie et il faut attendre bien des années avant de pouvoir évaluer leur rendement sur le terrain.

Les gènes qui présentent un intérêt sur le plan du génie génétique proviennent presque exclusivement d'autres arbres ou de plantes et peuvent se classer en deux catégories. La première comprend les gènes qui régissent les propriétés agronomiques ou la capacité des arbres de pousser rapidement. Cette catégorie englobe des gènes qui codent pour la résistance aux maladies, aux herbicides et aux ravageurs, ou pour la tolérance aux stress environnementaux tels que le froid, la sécheresse, la salinité et l'inondation. La plupart des efforts déployés dans ce domaine ont porté sur l'amélioration des propriétés agronomiques, y compris la tolérance aux herbicides pour la création de peuplements, la résistance aux insectes avec des toxines de *Bacillus thuringiensis* et des inhibiteurs de protéase, la résistance à la pourriture humide bactérienne, et la stérilité mâle visant l'inhibition du transfert de gènes d'arbres modifiés génétiquement dans la population d'arbres naturelle. La deuxième catégorie englobe des gènes portant des caractères à valeur ajoutée, qui améliorent l'efficacité de la production, ou encore la qualité ou la valeur du produit; ces gènes rehaussent la valeur du bois. Parmi les gènes de cette catégorie, on trouve ceux qui réduisent ou modifient la teneur en lignine de sorte que cette fibre est enlevée plus facilement lors de la fabrication de la pâte (nécessitant une moins

grande consommation d'énergie et de produits chimiques) et des gènes qui améliorent les caractéristiques de la fibre pour des applications spécifiques (p. ex., fibrillation pour obtenir un papier plus résistant).

Contenu du chapitre *Notes en bas de page* *Table des matières*

4.2.2 Industrie des pâtes et papiers

L'industrie des pâtes et papiers englobe un éventail complexe de mouvements des matières allant de la base de ressources au recyclage postconsommation du papier de rebut. En raison de ses abondantes ressources forestières et de sa population relativement peu nombreuse, le Canada demeure le principal exportateur mondial de pâtes et papiers ainsi que de produits de carton. En termes de capacité, la part du Canada était d'environ 15 % de la capacité mondiale de pâte de bois en 1998, ce qui le place au deuxième rang seulement, après les États-Unis, dans la production de pâte à papier. D'ici 2001, la capacité totale du Canada pour la production de la pâte devrait s'élever à 28,3 millions de tonnes[9] (http://www.open.doors.cppa.ca/francais/index.htm).

L'industrie des pâtes et papiers et des produits connexes représente environ 89 % de l'énergie totale utilisée pour la fabrication de produits forestiers au Canada. La plus grande partie de cette énergie sert à la production de grandes quantités de vapeur et d'électricité pour l'écorçage et la mise en copeaux, la production et le blanchiment de la pâte, ainsi que la fabrication et le séchage du papier et du carton. Au cours des années 1990, l'industrie canadienne des pâtes et papiers a obtenu des résultats impressionnants dans ses efforts pour devenir une industrie ® plus propre ¯ sur le plan environnemental. À titre d'exemple, cette industrie génère elle-même présentement plus de la moitié de l'énergie dont elle a besoin à partir de ressources renouvelables. On estime que l'industrie pourrait atteindre l'objectif fixé à Kyoto en vue de la réduction de 6 %, par rapport aux niveaux de 1990, de la consommation d'énergie, simplement grâce à la cogénération (voir la note de bas de page 44).

4.2.2.1 Applications de la biotechnologie

Il existe au moins quatre grands secteurs où la biotechnologie a un rôle à jouer en vue d'une production plus propre et d'une plus grande efficacité énergétique dans l'industrie des pâtes et papiers.

A) Qualité de la fibre et des produits

L'application de la biotechnologie en foresterie et l'amélioration des pratiques sylvicoles permettent d'adapter les futures ressources en fibres aux caractéristiques recherchées dans les produits finaux. Ainsi, on pourra obtenir des produits de qualité supérieure et réaliser des économies au chapitre des procédés, qui se traduiront par des besoins moins grands en énergie et en produits chimiques. La capacité de produire grâce au génie génétique des fibres ayant des propriétés optimales pour la fabrication du papier est un objectif à long terme qui nécessitera de meilleures connaissances de la biosynthèse des fibres ligneuses.

B) Biopulpage

Le biopulpage est le traitement des copeaux de bois avant la cuisson de la fibre, à l'aide d'un champignon qui

dégrade la lignine. Il s'agit d'un procédé expérimental qui fait l'objet de recherches intensives depuis huit ans, surtout comme traitement préalable au procédé mécanique de réduction en pâte. Le biopulpage améliore la pénétration et le rendement des produits chimiques durant la ® cuisson ¯ des copeaux de bois en vue de la séparation des fibres ligneuses de la lignine. On a constaté que ce traitement réduit la quantité de produits chimiques et d'énergie nécessaires (qui représentent la plus grande partie des coûts liés au procédé mécanique de réduction en pâte) , améliore la qualité du papier et diminue l'impact environnemental des opérations de réduction du bois en pâte[10].

A) Traitement aux enzymes

Le marché mondial des enzymes industrielles isolées à partir de microorganismes est estimé à 1,4 -1,6 milliard de $US par année avec un taux de croissance annuel composé d'environ 10%[11]. Les applications des enzymes dans l'industrie des pâtes et papiers représentent 2 % de ce marché, et cette part devrait croître à raison de 15 % par année. Parmi les secteurs où les enzymes ont rapidement passé de l'étape de la recherche à celle de la commercialisation, on compte le blanchiment biologique, qui permet de réduire la consommation de chlore; l'essorage et le désencrage de la pâte; l'enlèvement de la résine; l'élimination de matières dissoutes et colloïdales dans les effluents concentrés des scieries et la fibrillation accrue pour une plus grande résistance du papier[12]. Dans la majorité des cas, les facteurs qui incitent à adopter ces applications sont la réduction des coûts (en termes de diminution des besoins en énergie et en produits chimiques) et l'amélioration de la qualité du produit.

i) Enzymes dans la réduction du bois en pâte kraft

Dans la réduction du bois en pâte kraft, le blanchiment demeure l'une des opérations les plus coûteuses d'une usine de pâte; par conséquent, c'est le principal secteur ciblé pour la réduction des coûts. Les usines nord-américaines ont pris le virage vers un blanchiment sans chlore élémentaire, ce qui a encore augmenté les coûts d'exploitation. Au Canada, environ 10 % de la pâte kraft blanchie est maintenant fabriquée selon un procédé qui comporte un traitement à la xylanase en vue de réduire la quantité de dioxyde de chlore utilisée et les coûts qui s'y rattachent. Les recherches effectuées présentement sur les oxydases (p. ex., la laccase) promettent des économies encore plus importantes relatives à la consommation de produits chimiques et sont compatibles avec les options fondées sur la fermeture des systèmes (voir la sous-section D ci-dessous). Un autre objectif important dans la réduction du bois en pâte kraft est l'amélioration du rendement.

ii) Enzymes dans la fabrication du papier et du carton

Les enzymes sont utilisées dans un certain nombre de procédés de fabrication du papier et du carton. On a constaté que la lipase réduit les dépôts de résine, que la cellulase améliore le rendement de l'essorage et que la pectinase diminue la demande cationique de l'eau blanche lorsque la pâte blanchie mécaniquement fait partie du mélange de pâtes. Ces enzymes doivent fonctionner de manière efficace dans un milieu de plus en plus complexe sur le plan chimique, et à des températures plus élevées, à mesure que l'on poursuit les efforts visant à conserver l'eau dans le procédé de fabrication du papier. Un défi que doit relever la biotechnologie consiste donc à fournir de telles enzymes à prix abordable. À plus long terme, il sera peut-être possible de fabriquer certains produits de papier en choisissant des enzymes qui agissent sur des composantes des fibres régissant les propriétés des produits finis; par exemple la laccase qui réduit l'hydrophobicité de la surface des fibres[13].

D) Fermeture des systèmes à l'usine (rejets nuls)

Le traitement biologique des effluents d'usine joue un rôle clé dans la conservation de l'eau. Les usines de pâtes et papiers du Canada visent une réutilisation complète des effluents après un traitement secondaire et tertiaire. Ainsi, elles pourront réaliser des économies d'argent et d'énergie dans le traitement de l'eau utilisée, et diminuer les coûts liés à la réduction de l'impact environnemental de l'élimination des effluents. Un défi lancé aux utilisateurs de biotraitements consistera à adapter leurs opérations aux caractéristiques changeantes des effluents à mesure que les usines vont franchir les étapes successives en vue de la fermeture des systèmes. Idéalement, le procédé de biotraitement à l'usine devrait enlever les substances organiques dissoutes ou colloïdales et les ions métalliques afin d'éviter les problèmes de dépôts et de films. Présentement, ces aspects font l'objet de travaux de recherche.

D) Biotechnologie et recyclage du papier

Le recyclage est un phénomène qui n'est ni nouveau ni récent au Canada. Dès 1805, la première usine de papier du Canada recyclait de vieux tissus de lin et de coton pour en faire du papier. De nos jours, environ 71 % des fibres utilisées pour fabriquer la pâte et le papier au Canada proviennent de résidus de scieries et de vieux papiers récupérés que l'on jetait auparavant dans les sites d'enfouissement. Plus de 90 % des emballages de papier sont faits à partir de fibres recyclées ou de résidus des scieries.

En 1989, il n'y avait qu'une seule usine au Canada qui pouvait fabriquer du papier journal contenant des fibres recyclées. Actuellement, il y en a 23 qui sont équipées pour le faire. Depuis 1989, l'industrie canadienne a investi plus de 1,7 milliard de dollars dans les installations permettant d'utiliser diverses qualités de papier récupéré en vue de fabriquer du papier et des emballages contenant des fibres recyclées. Les sous-produits de certaines opérations de recyclage qui finissaient autrefois leur cycle de vie dans les sites d'enfouissement sont maintenant mélangés avec d'autres ingrédients et utilisés comme amendements des sols.

Le marché du papier récupéré touche l'ensemble de la planète. Par conséquent, les usines canadiennes doivent être concurrentielles sur les marchés mondiaux afin d'obtenir suffisamment de papier récupéré pour répondre à leurs besoins. Le Canada est le plus grand importateur mondial de papier et de carton récupéré; c'est aussi l'un des principaux exportateurs de papier et de carton contenant des fibres recyclées. En 1997, l'industrie canadienne utilisait 4,7 millions de tonnes de papier récupéré pour fabriquer du papier et des emballages à contenu recyclé. Quelque 2,6 millions de tonnes, soit 55 % du papier récupéré utilisé au pays, provenaient de sources canadiennes, le reste (2,1 millions de tonnes) venant des États-Unis. En 1997, le taux de récupération au Canada était de 45 % (c.-à-d. que 45 % du papier utilisé au Canada était récupéré pour la fabrication de nouveaux produits de papier et de carton). On s'attend à ce que les fibres récupérées fournissent un volume croissant des matières premières de l'industrie du papier, mais un approvisionnement fiable de fibre ligneuse vierge sera toujours indispensable afin de répondre à la demande des consommateurs pour des produits à valeur ajoutée de papier et de carton de haute qualité[14].

Le recyclage du papier journal est l'un des procédés de recyclage les plus populaires qui alimente l'industrie des pâtes et papiers. Il peut réduire le volume des déchets urbains solides dans une proportion pouvant atteindre 4 %. Par le passé aussi, le recyclage du papier journal a été profitable. Mais dans certains cas, l'industrie du recyclage du papier journal a été victime de son propre succès. On recycle tellement de papier journal (souvent avec l'appui d'une législation obligeant les consommateurs au recyclage) que les prix ont chuté. Il fut un temps où l'on pouvait vendre le papier journal brut aux entreprises de recyclage. Maintenant, celles-ci peuvent se faire payer pour accepter ce papier.

Avant que les vieux journaux recyclés puissent être utilisés pour la fabrication de papier blanc (y compris du

papier journal neuf), la pâte de papier journal recyclé doit être désencrée. Un procédé de désencrage à base de produits chimiques, largement utilisé à l'heure actuelle, emploie l'hydroxyde de sodium et divers floculants, dispersants et surfactants. Ces produits chimiques peuvent jaunir la pâte qui en résulte, et l'on doit traiter la pâte désencrée au peroxyde d'hydrogène pour la blanchir. Ces substances chimiques peuvent aussi créer des problèmes environnementaux.

Des scientifiques de la North Carolina State University travaillent à la mise au point de procédés faisant appel à des enzymes microbiennes pouvant remplacer le désencrage chimique de la pâte. Ces recherches en sont encore au stade expérimental en laboratoire, et il reste encore beaucoup de travail à faire avant que l'on puisse passer au développement du procédé à l'échelle commerciale. Néanmoins, le procédé pourrait révolutionner les méthodes de recyclage du papier. Dans les démonstrations en laboratoire, de la cellulase et de l'hémicellulase sont mélangées à la pâte à papier. Ces enzymes digèrent les molécules glucidiques, incluant celles auxquelles les particules organiques d'encre sont liées. Ensuite, lorsque la pâte est lavée et essorée, la plupart des particules d'encre sont éliminées. Les particules d'encre résiduelles sont enlevées pendant l'étape de la flottaison standard. Il n'est pas nécessaire de traiter la pâte au moyen de soude caustique, donc, pas besoin de blanchir la pâte avant d'en faire du papier. Les enzymes résiduelles sont détruites lorsque le papier est séché[15].

Contenu du chapitre *Notes en bas de page* *Table des matières*

4.2.3 Industrie des produits du bois

L'industrie canadienne des produits du bois comprend deux grands groupes :

- les producteurs de bois d'oeuvre et de billes;
- les fabricants de panneaux dérivés du bois (panneaux de contreplaqué en bois de résineux, panneaux de particules orientées, panneaux de particules, panneaux de fibres à densité moyenne, contreplaqué et placage de feuillus).

La production de sciages résineux au Canada en 1998 a atteint 64,1 millions de mètres cubes (m^3). Quant à la demande au pays, elle s'est élevée à 17,0 millions de m^3; en outre, la vigueur de l'économie et la santé du marché de l'habitation aux États-Unis en 1998 ont donné une impulsion aux exportations de sciages résineux vers les É.-U., qui ont été de 42,1 millions de m^3, une augmentation de 1,4 million de m^3 par rapport à 1997; ces exportations représentent les deux tiers de la production de sciages résineux au Canada. En 1998, les exportations de billes de résineux ont atteint 1 million de m^3, les exportations vers les États-Unis ayant doublé pour se situer à 616 000 m^3.

La production de sciages de feuillus a dépassé le million de mètres cubes en 1998, et les exportations ont atteint 1,2 million de m^3. Après une augmentation importante en 1997, l'exportation des billes de feuillus a chuté de 3 %, pour se situer à 231 000 m^3 en 1998.

On observe de plus en plus une tendance à l'utilisation plus efficace des ressources en bois pour la production d'une nouvelle génération de matériaux de construction à valeur ajoutée à partir du bois restant (y compris le bois que l'on considérait auparavant comme des déchets) une fois que le bois de meilleure qualité a été prélevé. À cette fin, il faut produire des matériaux composites à base de bois, ce qui a donné naissance à

l'industrie des panneaux dérivés du bois (contreplaqué en bois de résineux, panneaux de particules orientées, panneaux de particules, panneaux de fibres de densité moyenne, contreplaqué et placage de feuillus). En 1996, les livraisons de l'industrie des panneaux dérivés du bois atteignait au total 3,7 milliards de dollars, dont 2,1 milliards de dollars en exportations. Les secteurs des panneaux dérivés du bois qui ont le plus d'importance sont les panneaux de particules orientées (PPO) et le contreplaqué de résineux, chacun ayant livré des produits pour une valeur de 1 milliard de dollars en 1996. L'industrie canadienne des panneaux dérivés du bois est active dans toutes les provinces, sauf à Terre-Neuve et à l'Île-du-Prince-Édouard, et elle représente un moteur important de l'économie en milieu rural.

4.2.3.1 Applications de la biotechnologie

Les deux principales applications de la biotechnologie axée sur une production propre dans l'industrie des produits forestiers sont la préservation du bois et la prévention de la tache de sève.

A) Préservation du bois

Pour prolonger la durée de vie utile et la durabilité du bois d'oeuvre et des panneaux dérivés du bois qui sont utilisés dans la construction de bâtiments, de terrasses, de clôtures et d'autres éléments de construction, il faut protéger ces matériaux contre les dommages causés par la pourriture et les insectes ravageurs (la pourriture est le principal problème relatif aux produits du bois d'extérieur au Canada, tandis que les termites sont le problème numéro un dans les pays au climat chaud qui importent du bois du Canada). Les méthodes actuelles de traitement utilisent des produits chimiques (p. ex., arséniate de cuivre et de chrome, bore, créosote). Une solution possible fondée sur la biotechnologie qui empêcherait les dommages occasionnés par les termites consisterait à étudier les espèces végétales qui peuvent contenir des substances chimiques répulsives pour les termites, à extraire ces substances et à mettre au point une formule utilisable à l'échelle commerciale. Une organisation américaine a déposé récemment une demande de brevet pour le nootkatone, une substance chimique trouvée dans le cyprès de Nootka, comme agent répulsif contre les termites. Une autre possibilité consisterait à repérer les gènes responsables de la production de ces substances chimiques dans les espèces végétales et à les transférer par le génie génétique à d'autres espèces d'arbres qui développeraient cette résistance aux termites. Pour l'instant, il reste beaucoup de travail à faire dans ce genre de recherche pour contrer les dommages dus aux termites.

B) Prévention de la tache de sève

La tache de sève provient d'un champignon qui produit une coloration caractéristique de l'aubier en bleu, noir, gris ou brun. Le champignon responsable de cette coloration communément observée sur les résineux appartient souvent aux genres *Ophiostoma* et *Ceratocystis* (y compris leurs formes imparfaites, p. ex., *Leptographium*). Ce champignon peut coloniser rapidement l'aubier des billes, du bois d'oeuvre et des copeaux de bois. Il pousse principalement dans les cellules du parenchyme des rayons et peut pénétrer le bois en profondeur. En outre, ce champignon peut pousser dans les canaux résinifères, les trachéides et les cellules fibreuses et s'introduire dans les ponctuations simples ou aréolées, perçant parfois des trous dans la paroi des cellules du bois.

Un réseau non officiel d'organismes de recherche du Canada piloté par Forintek Canada Corporation et le département des sciences du bois de la University of British Columbia[16] travaillent de concert afin de réduire le plus possible, à l'aide de méthodes fondées sur la biotechnologie, la perte de valeur due à la tache de sève dans le bois d'oeuvre et les billes de résineux produits au Canada. On peut utiliser des produits chimiques dans les scieries sur des pièces de bois d'oeuvre fraîchement sciées, mais pas sur des billes en forêt (à cause

des risques environnementaux comme la contamination des sols et de l'eau par la lixiviation des substances chimiques). Des recherches sont en cours afin d'éviter l'apparition de taches foncées dues à ces champignons par la création d'un champignon albinos (dépourvu de pigmentation) du même type, que l'on inoculerait aux arbres abattus afin d'empêcher la pénétration des champignons pigmentés. Certaines de ces recherches en sont au stade des essais sur le terrain.

Contenu du chapitre *Notes en bas de page* *Table des matières*

4.2.4 Capacité de recherche et de développement

L'un des points forts du secteur forestier canadien est sa grande expertise dans le domaine. Le Canada est un chef de file mondial dans la recherche appliquée et fondamentale en matière de biotechnologie forestière. L'infrastructure extramurale de recherche et développement (R-D) comprend les universités, les instituts de recherche et les Réseaux de Centres d'excellence. Avec comme maîtres d'oeuvre le Service canadien des forêts de Ressources naturelles Canada , l'Institut canadien de recherches sur les pâtes et papiers (PAPRICAN), la Forintek Canada Corporation et l'Institut canadien de recherches en génie forestier , le Canada occupe une position de force en matière de R-D dans un certain nombre de créneaux majeurs de la biotechnologie liée au secteur forestier, notamment :

- la régénération des forêts;
- la protection des forêts;
- la création de stocks d'arbres;
- les agents de lutte biologique;
- le développement industriel durable;
- la gestion de l'environnement;
- les stratégies de contrôle de la qualité;
- la gestion des risques et l'analyse des politiques.

Les réseaux de Centres d'excellence comme le Réseau sur la gestion durable des forêts, dont le coeur est à la University of Alberta, à Edmonton (Alberta) et une grande variété d'établissements d'enseignement et d'instituts de recherche participant à la formation, à l'éducation et à la recherche complètent les huit créneaux.

Contenu du chapitre *Notes en bas de page* *Table des matières*

4.2.5 Capacité de réception

Un élément clé dans le processus permettant de convertir en produits et en services les recherches effectuées dans le domaine de la biotechnologie est la présence d'entreprises de développement de la technologie, qui comblent l'écart séparant les groupes de recherche universitaires ou gouvernementaux et les utilisateurs industriels. Il existe une cinquantaine de ces entreprises de développement en biotechnologie qui sont répertoriées pour le secteur forestier dans le répertoire *Canadian Biotechnology, Industry & Suppliers Guide*

de 1999 . Environ 40 % d'entre elles fournissent des produits et/ou des services axés sur la régénération et la protection des forêts, 10 % offrent des produits et/ou des services liés à l'industrie de la fabrication des pâtes et papiers, et les autres fournissent des produits et/ou des services pour la protection de l'environnement (p. ex. biotechnologies de traitement des déchets). La plupart d'entre elles sont de petites entreprises, qui comptent au maximum 50 employés en biotechnologie et qui ont des revenus de 1 à 5 millions de dollars. Les dépenses totales en R-D engagées par les entreprises canadiennes qui exploitent un volet de biotechnologie forestière ont été estimées à 42 millions de dollars en 1998[17] .

Il convient de noter que les marchés étrangers, en particulier les États-Unis, sont à l'origine de la plus grande partie des recettes générées par les entreprises canadiennes de biotechnologie dans le secteur forestier. Cette situation s'explique par le fait que l'industrie canadienne des produits forestiers fait montre d'une grande prudence dans son approche face aux nouvelles technologies, et qu'il y a relativement peu de produits de la biotechnologie qui ont dépassé la phase de la démonstration au Canada. L'industrie forestière canadienne est l'une des industries ayant le coefficient de capitaux parmi les plus élevés au Canada, et elle fait grand usage de technologies de pointe, en particulier de l'informatique et des systèmes intelligents. L'industrie des produits forestiers du Canada a adopté des produits et des procédés dérivés de la biotechnologie qui présentent de nets avantages économiques, surtout dans le domaine de la lutte antiparasitaire (p. ex., *Bacillus thuringiensis*), de la régénération des forêts (p. ex., marqueurs génétiques) et du traitement des pâtes et papiers (p. ex., xylanase dans le blanchiment de la pâte). Cependant, il y a très peu d'entreprises de produits forestiers qui, à l'instar de Tembec, font de la R-D en biotechnologie à l'interne et utilisent la biotechnologie pour transformer des sous-produits de déchets en matériaux à valeur ajoutée (p. ex., éthanol à partir de la liqueur de sulfite résiduaire).

Plusieurs initiatives (voir ci-dessous) ont récemment été lancées dans le but d'améliorer la capacité de réception de l'industrie des produits forestiers pour les technologies axées sur la foresterie intensive.

D'importantes organisations de recherche en foresterie de la Caroline du Nord et d'autres régions des États-Unis encouragent les entreprises forestières américaines à utiliser la biotechnologie pour obtenir une récolte plus abondante de bois sur des superficies moindres et pour produire des arbres plus résistants présentant des caractères supérieurs. En appui à cette approche, le North Carolina Biotechnology Centre a créé en 1999 l'Advisory Committee on Forest Biotechnology (comité consultatif sur la biotechnologie forestière), qui a pour mandat d'appuyer les initiatives en matière de biotechnologie forestière aux États-Unis.

Dans le cadre d'une initiative récente visant à appuyer l'innovation dans le secteur des ressources au Canada, le Service canadien des forêts, qui relève de Ressources naturelles Canada, a lancé une initiative dont le but est d'établir une coopérative canadienne de la foresterie intensive. Cette coopérative examinera les lacunes dans ce secteur et tentera de fournir des solutions novatrices (p. ex., des hybrides à croissance rapide possédant des caractéristiques supérieures en fait de croissance et de résistance qui sont adaptés aux conditions environnementales du Canada; la mise à l'échelle de méthodes de multiplication pour la production économique en pépinière de matériel de plantation amélioré; des produits et des techniques biologiques de lutte contre les maladies des plantations ou contre les mauvaises herbes; les essais analytiques de la qualité des fibres et de leur caractère approprié par rapport aux produits d'utilisation finale et aux progrès technologiques dans le traitement ou la fabrication; la modification d'équipements d'entretien sylvicole et de récolte pour les adapter aux pratiques de la foresterie intensive), et ce, dans le but d'atténuer les craintes de plus en plus vives concernant la sécurité à long terme de l'approvisionnement en bois. La coopérative examinera également les activités qui ont pour but d'accroître la production canadienne de nouveaux types de pâte et de nouveaux produits du bois de haute technologie qui se prêtent à l'utilisation d'un bois moins coûteux et de qualité inférieure (p. ex., des fibres d'essences à croissance rapide et du bois

d'arbres à tronc court) tout en diminuant la superficie utilisée (à l'échelle nationale et régionale) pour la production de bois d'oeuvre, en conformité avec les objectifs sociaux et environnementaux (p. ex., création d'espaces sauvages, conservation de l'habitat).

Contenu du chapitre *Notes en bas de page* *Table des matières*

4.2.6 Évaluation du secteur

A) Foresterie

La demande mondiale de produits forestiers devrait augmenter de façon importante dans les décennies à venir. Selon les estimations de la FAO , la demande mondiale de bois s'accroîtra de 50 % d'ici 2010, et elle doublera d'ici l'an 2020, comparativement aux niveaux actuels. Parallèlement, on devrait connaître une pénurie mondiale de bois et de produits du bois au début du nouveau millénaire. Cette situation présente à la fois des risques et des possibilités énormes pour le Canada[18].

À mesure que la demande mondiale de bois continue d'augmenter, il devient prioritaire de maintenir la santé et la productivité des forêts pour renforcer la compétitivité de cette industrie. L'avantage historique du Canada dans le secteur des produits forestiers, qui est lié à l'abondance de ses forêts naturelles, diminue rapidement. Des pays tels que les États-Unis, le Brésil, le Chili, la Malaisie, l'Indonésie et la Nouvelle-Zélande établissent des plantations forestières qui peuvent être récoltées après 7 à 10 ans dans le cas des billes de feuillus pour la production de la pâte, et après 20 à 30 ans pour les sciages de résineux. Au Canada, en revanche, les cycles de récolte typiques s'étalent sur 60 ans ou plus.

Le Canada a dans son jeu un atout important qui lui permettrait de répondre à la demande mondiale croissante de bois : il pourrait mettre en valeur des terres agricoles à rendement marginal (qui étaient peut-être boisées antérieurement) en y aménageant des plantations forestières commerciales à gestion intensive qui intègrent des arbres à cycle plus rapide du semis à la récolte et qui permettent d'éviter les problèmes de maladies et de ravageurs liés à une monoculture. Cette approche aiderait à satisfaire à la demande croissante de produits du bois sans épuiser les ressources forestières globales du Canada et permettrait aussi la rétention et la protection d'une grande partie des vieux peuplements qui restent. La technologie du génie génétique visant à améliorer la survie, la résistance aux maladies et le taux de croissance des semis sera disponible à l'échelle commerciale au cours de la prochaine décennie. Des multinationales telles que Fletcher Challenge Forests , International Paper , Westvaco et Monsanto ont reconnu le potentiel de la biotechnologie à cet égard et ont formé une coentreprise avec la Genesis Research and Development Corporation Limited, une entreprise de biotechnologie dont le siège social se trouve en Nouvelle-Zélande, pour l'amélioration des arbres au moyen de ces technologies.

Le financement et l'accès au capital, l'appui à la R-D ainsi qu'au transfert de la technologie, des systèmes de réglementation efficaces, une protection réelle au moyen de brevets et la création ainsi que le maintien de ressources humaines compétentes peuvent présenter des obstacles à la croissance et à l'amélioration de la productivité que l'industrie canadienne de la biotechnologie forestière partage avec d'autres secteurs de technologie de pointe. En outre, l'industrie de la biotechnologie forestière doit relever des défis qui lui sont particuliers. Un exemple de politique qui pourrait être considérée comme étant un obstacle à l'investissement et à l'innovation dans le secteur industriel forestier est lié au régime de tenure des terres. Les pratiques de

reboisement et de gestion durable des forêts sont grandement influencées par la forme de tenure des terres boisées, et la volonté d'augmenter l'investissement et de poursuivre l'innovation dans ce domaine est favorisée par des formes plus sûres de tenure des terres (p. ex., la capacité de récolter ce qui a été planté).

B) Produits du bois, des pâtes et du papier

À l'échelle mondiale, on exerce de plus en plus de pression sur les entreprises de fabrication de produits du bois et des pâtes et papiers afin qu'elles utilisent des procédés de production moins polluants et plus éconergétiques dans le but de réduire leurs coûts d'exploitation et de diminuer le plus possible leurs rejets de polluants toxiques pour l'environnement et de gaz à effet de serre. Le biopulpage fondé sur les prétraitements fongiques permet des économies d'énergie dans la réduction en pâte mécanique. Le prétraitement des pâtes kraft à l'aide de certaines enzymes telles que les xylanases et les hémicellulases augmente l'efficacité du blanchiment chimique subséquent et diminue la quantité d'agents de blanchiment chimiques nécessaire. D'autres enzymes améliorent le taux d'essorage de la pâte, d'où des économies d'énergie (voir la section 4.2.2.1). Des multinationales comme Novartis, Genencor et Clariant sont à l'affût des occasions qui se présentent sur ce marché.

Le génie génétique appliqué aux arbres fournit une approche différente permettant d'obtenir des procédés de fabrication moins polluants et d'atteindre une efficacité énergétique accrue en favorisant l'adaptation de la matière première à l'utilisation finale. Des entreprises comme Zeneca Plant Sciences et Nippon Paper collaborent à la modification des arbres par le génie génétique de façon à rendre la lignine plus facile à séparer de la cellulose. Ces entreprises prévoient que leur produit réduira de 20 % à 30 % la teneur en lignine des conifères, et de 15 % à 20 % celle des arbres à grandes feuilles. L'adoption de ces arbres génétiquement modifiés pourrait réduire les besoins en agents de mise en pâte et de blanchiment dans une proportion allant jusqu'à 30 %.

C) Conclusion

L'industrie forestière contribue grandement à l'économie canadienne. Elle est aussi une source importante de biomasse, qui pourrait être utilisée comme matière première renouvelable pour la production de carburants et de produits chimiques sans production de gaz à effet de serre. Le Canada comporte une vaste masse continentale et d'abondantes ressources forestières, qui sont les piliers de l'avantage concurrentiel du pays, mais cet avantage est érodé par la concurrence de pays qui exploitent leurs forêts de façon intensive. Pour maintenir la position de l'industrie forestière canadienne par rapport à la concurrence et pour ouvrir la voie à une économie basée davantage sur les ressources renouvelables, il est essentiel de trouver des moyens d'accroître le rendement des forêts selon une approche durable, et la biotechnologie a un rôle à jouer dans la poursuite de cet objectif.

Le Canada bénéficie d'un important noyau de chercheurs en biotechnologie forestière. Ce fait est reconnu sur la scène internationale, et des entreprises étrangères telles que Stora (une société suédoise de produits forestiers) ont commencé à établir une présence au Canada afin de créer des liens avec ces capacités de recherche. On observe également l'expansion d'une industrie de la biotechnologie forestière au Canada, qui compte de petites entreprises d'innovation pouvant aider à convertir les travaux de recherche et les technologies mises au point dans les laboratoires universitaires et gouvernementaux en produits et services commerciaux au profit de l'industrie forestière et des produits forestiers.

L'industrie de l'exploitation forestière et des produits forestiers est fortement axée sur la technologie mais elle fait montre d'une grande prudence lorsque vient le temps d'adopter des technologies de pointe. En outre, elle

a dû faire des investissements considérables dans les technologies de lutte contre la pollution afin de se conformer aux objectifs de qualité de l'air et de l'eau; par conséquent, elle hésite à investir davantage à moins que les technologies en question ne soient éprouvées et qu'elles comportent des avantages économiques évidents. Au cours des dernières années, l'industrie a réduit sa capacité de R-D à l'interne, préférant acheter la technologie sous forme de systèmes clés en main. Ainsi, en ce qui a trait à la biotechnologie, on s'attend que l'industrie canadienne de l'exploitation forestière et des produits forestiers emboîte le pas à la technologie plutôt que d'ouvrir la voie[19].

Compte tenu de cette tendance de l'industrie à acheter la technologie plutôt qu'à la mettre au point, une stratégie possible serait d'aider à réduire le temps séparant le moment où une biotechnologie est appliquée commercialement pour la première fois où que ce soit dans le monde et le moment où elle est appliquée dans des sociétés canadiennes, grâce à un réseau international de surveillance technologique combiné à un programme de démonstration ou de validation accélérée de la technologie. Ou encore, le virage en faveur de la biotechnologie pourrait être amorcé par un fabricant de produits chimiques ou une entreprise de production d'énergie qui formerait une alliance avec une société de foresterie ou qui en ferait l'acquisition pour obtenir des crédits de rejets de carbone ou un accès à la biomasse comme charge d'alimentation renouvelable. À cet égard, on pourra assister à une convergence des entreprises engagées dans les secteurs de la foresterie, des produits chimiques, des plastiques, de l'énergie et de l'agriculture lorsqu'il deviendra rentable du point de vue économique de produire des combustibles et des produits chimiques renouvelables à partir de la biomasse.

Notes en bas de page:

1. Service canadien des forêts, Ressources naturelles Canada, Processus national de changement climatique, Rapport sur les options - Table du secteur forestier,(1999).
Retour au text

2. World Wildlife Foundation, GM technology in the forest sector. A scoping study, (1999).
Retour au texte

3. Wright, J.D, Future directions and research needs of the pulp and paper industry, 7th International Conference on Biotechnology in the Pulp and Paper Industry, Vol. A: A3-A6, (1998).
Retour au texte

4. Advances in Biochemical Engineering Biotechnology, Volume 57 (Biotechnology in the pulp and paper industry) Springer-Verlag, (1997).
Retour au text

5. Les marqueurs génétiques sont des segments d'ADN associés à des caractéristiques ou caractères particuliers d'un organisme.
Retour au texte

6. Les phéromones sont des substances chimiques qui agissent comme attractifs sexuel pour les insectes. Les phéromones sont particulières à chaque espèce, et des quantités même infimes peuvent servir à attirer les insectes dans les pièges.
Retour au texte

7. Renouvellement de la stratégie canadienne en matière de biotechnologie (1998). Principaux messages obtenus au cours de la consultation sectorielle : industrie forestière. Service canadien des forêts, Direction générale des sciences, Ressources naturelles Canada. Ottawa.
Retour au text

8. Malheureusement, bon nombre de ces arbres ont été détruits par des activistes environnementaux qui croyaient qu'il s'agissait d'arbres modifiés génétiquement.
Retour au text

9. Association canadienne des pâtes et papiers (1999), Capacité canadienne de production de pâtes et papiers 1998-2001.
Retour au texte

10. Pullman, G.S., J. Cairney, G. Peter , ® Clonal forestry and genetic engineering: where we stand, future prospects and potential impacts on mill operations ¯. TAPPI Journal 81(2):p. 57-63 (1998).
Retour au texte

11. Genetic Engineering News, Vol. 20, p. 3 (2000).
Retour au texte

12. Biotechnology in the Pulp and Paper Industry. In: Advances in Biochemical Engineering Biotechnology, Springer-Verlag (1997).
Retour au texte

13. Wright, J.D. , Future directions and research needs of the pulp and paper industry. In 7th International Conference on Biotechnology in the Pulp and Paper Industry, Vol. A: A3-A6, (1998).
Retour au text

14. Guide des usines de recyclage de papier au Canada. Association canadienne des pâtes et papiers.
Retour au texte

15. Bioremediation of Hazardous Wastes, Wastewater, and Municipal Wastes. In : Business Communications Company, Report Number: C-110U. 1999.
Retour au texte

16. Parmi les autres membres du réseau, on compte la University of Northern British Columbia, l'Université Laval , le Service canadien des forêts, Agriculture et Agroalimentaire Canada, l'Institut canadien de recherches en génie forestier - FERIC, Phero Tech Inc., la Clariant Corporation et Mycologic.
Retour au texte

17. Magazine of the Canadian Biotechnology Network, Biotech (juin/juillet 1999).
Retour au texte

18. Processus national sur le changement climatique - Table de concertation sur le secteur forestier, Document de base (1998). Service canadien des forêts, Ressources naturelles Canada, Ottawa.
Retour au texte

19. Il existe cependant des entreprises comme Tembec, qui innove beaucoup par son utilisation de la biotechnologie pour produire de l'éthanol et d'autres substances chimiques à partir de déchets des pâtes et papiers.
Retour au texte

Aide Quoi de neuf Carte du site Opinion Contexte English Haut de la page

Canada

http://strategis.ic.gc.ca

Auteur - Industrie Canada - Direction générale des sciences de la vie

Date de diffusion - 2000-10-24

4.3 Le secteur de l'énergie au Canada

4.3.1 Combustibles fossiles
- 4.3.1.1 Applications de la biotechnologie
- 4.3.1.2 Capacité de recherche et de développement
- 4.3.1.3 Capacité de réception
- 4.3.1.4 Évaluation du secteur

4.3.2 Production d'énergie à partir des ressources renouvelables tirées de la biomasse
- 4.3.2.1 Applications de la biotechnologie
- 4.3.2.2 Capacité de recherche et de développement
- 4.3.2.3 Capacité de réception
- 4.3.2.4 Évaluation du secteur

Le secteur de l'énergie qui comprend le pétrole et le gaz, les services publics d'électricité, les produits de pétrole raffiné et de charbon, le charbon et l'uranium, contribue pour 52 milliards de dollars au produit intérieur brut (PIB) du Canada et emploie directement environ 200 000 personnes (http://strategis.ic.gc.ca/SSGF/bh00208f.html).

Selon l'Office national de l'énergie[1], la production nationale d'énergie primaire du Canada était de 16 276 pétajoules (PJ)[2] en 1997. Les principales sources d'énergie étaient le gaz naturel (42 %), le pétrole (30 %), le charbon et le coke (18 %), l'hydroélectricité (7 %), l'énergie nucléaire (6 %) et les combustibles renouvelables (4 %). Environ la moitié de cette production primaire est exportée (7 942 PJ), les principaux produits exportés étant le pétrole (42 %) et le gaz naturel (38 %). La demande canadienne totale d'énergie secondaire (ou énergie pour utilisation finale) a été estimée à 8 482 PJ en 1997. Cette demande a été satisfaite dans une proportion de 38 % par les produits pétroliers (p.ex., essence, diesel et mazout lourd), de 29 % par le gaz naturel, de 20 % par l'électricité, de 7 % par les combustibles renouvelables (p. ex., liqueur de pâte, bois, résidus de bois et énergie solaire) et de 6 % par d'autres combustibles (p. ex., charbon et coke). Cette demande secondaire provenait principalement des secteurs suivants : industriel (34 %), transport (25 %), résidentiel (19 %), commercial (12 %) et utilisation d'hydrocarbures à des fins non énergétiques (10 %) (http://www.neb.gc.ca/energy/sd99/indexf.htm).

En 1997, les émissions de gaz à effet de serre attribuables à la production et à la consommation d'énergie s'élevaient à 572 mégatonnes (Mt) d'équivalents-CO_2. Ces émissions provenaient des secteurs suivants : transport (28 %), production de combustibles fossiles (18 %), industriel (19 %), production d'électricité (19 %), résidentiel (10 %) et commercial (5 %).

Étant donné que l'économie canadienne repose en majeure partie sur les combustibles non renouvelables qui sont des sources importantes d'émission de gaz à effet de serre, le gouvernement et l'industrie (http://www.cppi.ca/fr/library/issues/issues.asp) se sont efforcés de trouver des moyens d'assurer une production et une utilisation durables de l'énergie. Après plusieurs décennies d'activités de recherche-développement, la biotechnologie devient un outil qui pourrait jouer un rôle important dans l'utilisation propre des combustibles fossiles de même que dans la production de combustibles à partir des ressources renouvelables liées à la biomasse.

Contenu du chapitre *Notes en bas de page* *Table des matières*

4.3.1 Combustibles fossiles

4.3.1.1 Applications de la biotechnologie

A) Récupération assistée du pétrole par l'activité microbienne

La récupération assistée du pétrole par l'activité microbienne est un procédé secondaire ou tertiaire de récupération du pétrole où des microorganismes sont utilisés pour l'extraction du pétrole des puits grâce à plusieurs mécanismes, notamment les suivants :

- augmentation de la solubilité du pétrole résiduel dans les gisements de pétrole brut à l'aide de biosurfactants produits par des bactéries capables d'effectuer la biodégradation du pétrole;
- modulation de la viscosité des solutions d'injection lors de la récupération secondaire du pétrole au moyen de polymères produits par des bactéries;
- repressurisation et réorientation du flux de pétrole dans un puits grâce au dioxyde de carbone résultant de la croissance de bactéries injectées dans le puits;
- diminution de la viscosité du pétrole par injection dans le puits de microorganismes pouvant métaboliser de longues chaînes d'alcanes (p. ex., des paraffines).

Les applications actuelles du procédé de récupération assistée du pétrole par l'activité microbienne utilisent des microorganismes naturellement présents dans le milieu qui, en présence de conditions appropriées dans le puits (p. ex., salinité, pression, perméabilité et température), peuvent présenter certains avantages économiques et environnementaux comparativement aux méthodes classiques de récupération, qui sont fondées sur l'injection d'eau et de produits chimiques dans le puits. Les avantages économiques découlent des coûts initiaux et opérationnels inférieurs liés à l'application d'un procédé de récupération assistée du pétrole par l'activité microbienne et des taux relativement élevés de récupération de pétrole. Les avantages environnementaux résultent du fait que les procédés classiques d'injection sont plus énergivores et font appel à des produits chimiques tels que des acides.

B) Valorisation et raffinage biologiques des combustibles fossiles

L'extraction du pétrole est habituellement suivie d'étapes de valorisation (primaire et secondaire) et de raffinage. Pour la valorisation, il faut utiliser des procédés de craquage thermique qui diminuent la viscosité

du brut lourd (par l'ouverture du cycle aromatique ou cycloparaffinique) ainsi que d'autres procédés énergivores pour éliminer le soufre et l'azote. Lors du raffinage, on utilise des catalyseurs pour transformer le pétrole brut en divers produits secondaires. Le potentiel d'utilisation de la biotechnologie aux fins de la valorisation et du raffinage est reconnu depuis plusieurs années. Dans le domaine de la biodésulfuration (BDS), des recherches sont en cours depuis plus de 60 ans, qui ont permis de bien comprendre le rôle important des enzymes et des gènes qui interviennent dans la transformation du soufre inorganique et organique en produits hydrosolubles. Cet intérêt pour la biodésulfuration est stimulé principalement par le désir d'abandonner le procédé classique de l'hydrodésulfuration (HDS) qui est :

- coûteux (investissement en capital d'environ 50 à 80 millions de dollars US);
- énergivore (requiert une température et une pression élevées de même que beaucoup d'hydrogène);
- relativement inefficace pour une désulfuration en profondeur (le procédé HDS donne un bon rendement dans le cas des composés de faible poids moléculaire).

Selon la Energy Biosystems Corporation , les avantages environnementaux et économiques de son procédé de biodésulfuration par rapport à l'hydrodésulfuration comprennent les suivants :

- économies d'énergie et réduction des émissions de gaz à effet de serre dans une proportion de 70 % à 80 %;
- conditions d'exploitation plus sécuritaires;
- élimination efficace du soufre des composés aromatiques cycliques;
- coût des immobilisations réduit d'environ 50 %;
- économies d'environ 10 % à 20 % au chapitre des frais d'exploitation;
- diminution du temps consacré à l'ingénierie et à la construction (12 à 18 mois pour le procédé BDS comparativement à 24 à 36 mois pour le procédé HDS).

En plus de la biodésulfuration, il existe aussi d'autres possibilités de valorisation biologique, notamment la conversion des composés cycliques en alcanes ramifiés moins visqueux qui sont des carburants plus appropriés aux fins du transport, plus faciles à expédier et dont le raffinage nécessite moins d'énergie. Dans le secteur du raffinage, il est possible de mettre au point des biocatalyseurs pour certaines applications dans des créneaux où les catalyseurs classiques ne conviennent pas.

Il importe de noter que le succès de ces applications potentielles sera fortement tributaire de l'endroit où elles seront appliquées. Dans les usines de valorisation et de raffinage, les taux de production sont de l'ordre de 200 000 barils par jour, ce qui pourrait représenter un défi trop grand si l'on utilise des bioprocédés[3]. Cependant sur les sites d'exploitation des puits où la production ne dépasse pas 20 000 barils par jour et où le temps de séjour du pétrole est d'environ 7 jours à partir du jour de l'extraction jusqu'à son transport par pipeline, l'application de procédés fondés sur la biotechnologie est plus réaliste.

4.3.1.2 Capacité de recherche et de développement

Au Canada, les activités de recherche-développement (R-D) sur les applications de la biotechnologie dans le secteur des combustibles fossiles sont axées principalement sur la biorestauration des sites contaminés. Le Canada a donc acquis une expertise de niveau international dans ce domaine, par exemple, à l'Institut de recherche en biotechnologie , qui relève du Conseil national de recherches du Canada (CNRC), à la Université of Alberta et à l'École Polytechnique de Montréal . Cependant, à part la biorestauration, il y a eu relativement peu d'activités de R-D sur les applications de la biotechnologie dans l'industrie des combustibles fossiles aux fins de la production, de la valorisation et du raffinage.

A) Récupération du pétrole assistée par l'activité microbienne

En 1989, le Bureau de recherche et de technologie des sables bitumineux de l'Alberta a financé des recherches sur le procédé de récupération assistée du pétrole par l'activité microbienne, qui ont conduit à l'obtention d'un brevet (US 4800959) pour un procédé à base de microorganismes permettant le colmatage sélectif d'un gisement souterrain. Cependant, on n'a mentionné aucun essai de ce procédé sur le terrain. L'Imperial Oil et plus récemment Husky Oil ont également fait certaines recherches exploratoires sur ce procédé, mais présentement, on ne signale aucune recherche du genre au Canada. Les initiatives actuelles visant à améliorer la récupération du pétrole, par exemple, au Petroleum Recovery Institute , sont axées principalement sur l'amélioration des techniques de récupération classiques comme l'injection d'eau ou d'agents chimiques.

Aux États-Unis, on effectue des recherches de pointe dans le secteur des biosurfactants novateurs à la University of Oklahoma . Plusieurs entreprises mènent aussi des activités de R-D, notamment les suivantes :

- Micro-Bac International;
- Environmental BioTechnologies ;
- U.S. Microbics Inc. ;
- Oppenheimer Biotechnology Inc.;
- Atech CTI Group.

Bon nombre de ces sociétés sont des entreprises qui démarrent et qui offrent aussi des services de biorestauration. Les chercheurs et les ingénieurs du Idaho Engineering and Environmental Laboratory (INEEL) appuient ces entreprises en mettant au point des méthodes économiques pour l'utilisation de microorganismes en vue d'augmenter les taux de production de pétrole, de réduire l'intrusion d'eau et d'éliminer les liquides acides . La récupération du pétrole assistée par l'activité microbienne a aussi été l'objet d'études dans plusieurs pays comme la Russie, la Roumanie et la Chine.

B) Biovalorisation des combustibles fossiles

Au Canada, les activités de R-D sur la biodésulfuration des combustibles fossiles a été axée principalement sur les points suivants :

- désulfuration anaérobie des hydrocarbures par des bactéries sulfatoréductrices, en particulier *Desulfovibrio vulgaris* ;
- biodégradation des dibenzothiophènes par des cultures bactériennes pures et mixtes, en particulier des isolats de *Pseudomonas*;
- développement de souches de *Rhodococcus* ayant un fort potentiel de biodésulfuration du bitume et de composés associés.

La plupart des recherches sur la biodésulfuration ont atteint leur point culminant au milieu des années 90, et le niveau d'activité a chuté de nos jours à cause des restrictions financières. Toutefois, dans le cadre du Programme d'application stratégique des technologies génomiques dans le domaine de l'environnement (ASTGE) financé par Environnement Canada, l'Institut de recherche en biotechnologie a étudie récemment la capacité totale de codage et le potentiel biocatalytique d'un plasmide de biodésulfuration . Les recherches sur d'autres aspects de la biovalorisation des combustibles fossiles sont menées principalement en Alberta, par exemple, à la University of Alberta (http://www.biology.ualberta.ca/foght.hp/foght.html)

(http://www.ualberta.ca/CHEMENG/gray/), au Centre national des technologies de valorisation et à l'Alberta Research Council.

À l'extérieur du Canada, une société du Texas, la Energy Biosystems Corporation, a dévoilé les détails de ses activités de recherche sur la biodésulfuration d'un large éventail de produits du pétrole. Depuis 1992, elle a réussi à augmenter par un facteur de 400 le rendement catalytique de certaines bactéries du genre *Rhodococcus* grâce au génie génétique, de sorte que le coût de la biodésulfuration d'un gallon de diesel (3,78 litres) est passé d'environ 400 $ à 0,14 $. Actuellement, on vise à améliorer encore les biocatalyseurs et à réduire le coût de la biodésulfuration à 0,02 $ ou 0,03 $ le gallon afin de rendre cette option attrayante sur le plan commercial. D'autres recherches sont également effectuées sur la biodésulfuration du gaz naturel et d'autres gaz émis par les industries au Japon (procédé BIO-SR), aux Pays-Bas et aux États-Unis .

L'Oak Ridge National Laboratory (ORNL) et le Lawrence Berkeley National Laboratory (LBNL) font aussi des recherches sur la biovalorisation des huiles lourdes, par exemple, sur la réduction de la viscosité des huiles lourdes à l'aide d'enzymes bactériennes capables de transformer partiellement les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) (http://www.energylan.sandia.gov/ngotp/ngotp.htm). Étant donné que les États-Unis produisent environ 56 % de leur électricité à partir de charbon, ils sont intéressés à mettre au point des technologies qui combinent l'action de microorganismes et une méthode physique pour retirer du charbon les pyrites et autres minéraux contenant du soufre, de l'arsenic, du mercure, du sélénium et d'autres polluants, et ce, avant la combustion du charbon(http://www.inel.gov/engineering/coalsub.html) .

4.3.1.3 Capacité de réception

A) Récupération du pétrole assistée par l'activité microbienne

Les essais sur le procédé de récupération du pétrole assistée par l'activité microbienne menés au Canada dans les années 80 n'ont pas abouti à des résultats satisfaisants. Les caractéristiques physiques inappropriées des puits de pétrole canadiens (p.ex., leur profondeur et leur forme), le type de pétrole découvert au Canada (le pétrole de l'Alberta est constitué surtout de composés aromatiques cycliques et non d'alcanes à longue chaîne que les microorganismes peuvent métaboliser) et l'expertise restreinte des ingénieurs pétroliers dans le domaine de la microbiologie comptent parmi les principaux facteurs qui ont nui à la mise au point et à l'adoption de cette technologie.

L'utilisation du procédé de récupération assistée du pétrole par l'activité microbienne pour l'exploitation de plusieurs champs pétrolifères aux États-Unis, au Venezuela et en Chine a cependant eu du succès. Par exemple, on signale que depuis 1993, une entreprise du Texas, Advanced Technologies, a injecté des microorganismes dans plus de 2 500 puits dans le lac Maracaibo au Venezuela .

B) Biovalorisation des combustibles fossiles

Les obstacles à l'adoption de technologies de biovalorisation comme la biodésulfuration comportent des limites techniques (p. ex., l'inefficacité lorsque le débit est rapide) et de faibles rendements financiers. Dans quelques cas où les bioprocédés peuvent concurrencer les procédés physiques ou chimiques classiques, (p. ex., l'élimination de l'hydrogène sulfuré contenu dans les gaz sulfurés), le manque de projets de démonstration et le fait que des capitaux ont déjà été investis antérieurement ont constitué des obstacles majeurs à l'adoption de ces technologies. L'acquisition récente d'une licence pour la technologie de biodésulfuration Shell-Paques permettant d'éliminer le soufre du gaz naturel et des gaz sulfurés, par New Paradigm Gas Processing Ltd., une filiale de CCR Technologies Ltd, pourrait conduire à la première

exploitation commerciale de ce type de technologie au Canada (http://www.reclaim.com/new/).

Le moment choisi pour l'adoption d'une réglementation gouvernementale peut également représenter un obstacle à l'adoption de bioprocédés novateurs. Par exemple, l'adoption au Canada d'un règlement visant à réduire la quantité de soufre dans l'essence, la faisant passer d'une moyenne de 350 mg/L à 30 mg/L d'ici janvier 2005, devrait stimuler la mise au point et l'adoption de technologies novatrices par les raffineries de pétrole canadiennes. Cependant, étant donné que la technologie de la biodésulfuration n'est pas encore au point, il est peu probable que l'industrie canadienne du pétrole envisage d'appliquer cette technologie pour atteindre ses objectifs d'ici l'an 2005.

Dans d'autres parties du monde, des usines commerciales utilisant des bioprocédés pour l'élimination de l'hydrogène sulfuré contenu dans le gaz naturel ont été construites au Japon (procédé BIO-SR) et aux Pays-Bas. Energy Biosystems construit une usine pilote en Alaska, en collaboration avec Petro Star, afin de faire la démonstration de la biodésulfuration des produits pétroliers bruts. Des raffineurs importants comme Total/Elf en France et Texaco collaborent aussi avec Energy Biosystems.

4.3.1.4 Évaluation du secteur

Avec l'épuisement des ressources en combustibles fossiles, il deviendra de plus en plus important d'avoir recours à des techniques secondaires et tertiaires efficaces pour la récupération du pétrole et à des technologies permettant de valoriser les importantes réserves du Canada en bitume à forte teneur en soufre et à viscosité élevée. Les avantages économiques et environnementaux liés à l'utilisation de la biotechnologie pour la récupération et la valorisation du pétrole sont reconnus et étudiés dans de nombreux pays, dont le Canada. À l'heure actuelle, il y a peu d'intérêt et d'expertise au Canada pour l'exploitation du procédé de récupération du pétrole assistée par l'activité microbienne, surtout à cause du résultat médiocre des essais menés sur le terrain dans les années 80, résultat attribué aux caractéristiques des puits de pétrole et au fait que les ingénieurs pétroliers ne sont pas formés dans le domaine de la microbiologie. Cependant, une proportion de 70 % du pétrole découvert au Canada ne peut pas être récupérée au moyen des techniques classiques, et pendant la dernière décennie, certaines entreprises de différentes parties du monde ont signalé l'obtention d'excellents résultats grâce au procédé de récupération du pétrole assistée par l'activité microbienne; par conséquent, les entreprises pétrolières et les sociétés de biorestauration du Canada qui offrent des services de nettoyage à l'industrie pétrolière canadienne devraient au moins garder la porte ouverte à cette technologie. Des percées importantes de cette technologie dans d'autres parties du monde pourraient raviver l'intérêt du Canada dans ce secteur.

Dans le domaine de la biovalorisation des combustibles fossiles, les créneaux où la biotechnologie peut jouer un rôle important sont répertoriés et étudiés lorsque des fonds sont alloués. Jusqu'à présent, les ressources humaines et financières engagées à ce titre sont assez limitées. En fait, peu de chercheurs canadiens ont de l'expertise dans les technologies de biovalorisation, et plus important encore, les fonds nécessaires à la tenue d'activités stratégiques de R-D à long terme ne sont pas disponibles. Comme des technologies de biovalorisation très prometteuses sont mises au point grâce à des activités de R-D à long terme, (p. ex., Energy Biosystems aux É.-U. a pu réduire le coût de la biodésulfuration d'un gallon de diesel d'environ 400 $ en 1992 à quelque 0,14 $ de nos jours), il vaut la peine de réévaluer le soutien qu'il faudrait accorder à ce secteur au Canada. On devrait notamment examiner les aspects mentionnés ci-dessous:

- financement d'activités stratégiques de R-D qui combineraient l'expertise disponible dans des disciplines complémentaires (p. ex., microbiologie et génie chimique). On trouve des exemples d'équipes de R-D de ce genre à la University of Alberta;

- financement de projets de démonstration qui permettraient aux entreprises de peaufiner leur technologie;
- rapprochement des ingénieurs et des microbiologistes, par exemple, grâce à l'intégration de cours de microbiologie au programme d'étude des ingénieurs.

Contenu du chapitre *Notes en bas de page* *Table des matières*

4.3.2 Production d'énergie à partir des ressources renouvelables tirées de la biomasse

4.3.2.1 Applications de la biotechnologie

La bioconversion des matières premières renouvelables tirées de la biomasse, comme les déchets agricoles et ligneux, en éthanol ou en d'autres combustibles peut présenter des avantages importants sur le plan environnemental et économique. Le mélange d'essence et de bioéthanol permet de réduire les émissions de gaz à effet de serre, de composés organiques volatils, d'oxydes d'azote, de benzène et d'autres particules, comparativement à l'essence seule. Par exemple, si l'on ajoute 10 % d'éthanol à l'essence, les émissions de monoxyde de carbone sont réduites dans une proportion de 2 % à 3 %, et celles de dioxyde de carbone, de 6 % à 10 % (http://www.greenfuels.org/envirobenefits.html). De même, le biodiesel est biodégradable, et ses émissions de monoxyde de carbone, d'hydrocarbures, de particules et notamment de soufre sont plus faibles que celles du pétrodiesel. Selon le National Biodiesel Board des États-Unis, en présence d'un catalyseur d'oxydation, du pétrodiesel renfermant 20 % de biodiesel génère une réduction d'au moins 40 % des particules, du monoxyde de carbone et des hydrocarbures totaux rejetés (http://www.nbb.org/faq.htm). En plus de ces avantages environnementaux, la conversion de la biomasse de déchets en produits à valeur ajoutée peut également se traduire par une augmentation du nombre d'emplois et une diversification économique dans les secteurs de l'exploitation forestière et de l'agriculture. Les opportunités pour produire de l'énergie à partir de la biomasse sont particulièrement intéressantes car bien que la production annuelle de biomasse terrestre représente en termes énergétiques environ cinq fois la consommation d'énergie de la planète, la biomasse fournit seulement 1% de l'énergie utilisée à des fins commerciales[4].

Les déchets organiques des sites d'enfouissement ou des fermes peuvent aussi être transformés en énergie grâce à la digestion anaérobie[5], qui produit du biogaz (approximativement 55 % de méthane et 45 % de dioxyde de carbone). Les émanations de gaz provenant des sites d'enfouissement du Canada représentent 26 % des émissions anthropiques de méthane au Canada (http://www.ec.gc.ca/nopp/lfg/bulletin/indexf.htm). Chaque année, environ 25 mégatonnes (Mt) d'équivalents-CO_2 sont produites dans ces sites. La collecte et l'utilisation de ces gaz provenant des sites d'enfouissement peut générer des avantages économiques et environnementaux importants comme la récupération d'énergie, la réduction des émissions de gaz à effet de serre (GES) et l'élimination de problèmes comme les odeurs et les organismes pathogènes dans le milieu environnant. La digestion anaérobie des déchets agricoles comme le lisier de porc et de bovins de même que le fumier de volaille constitue une autre source de biogaz. Cependant, la production de biogaz à partir de déchets agricoles ne présente pas autant d'avantages économiques, et il faut souvent subventionner ce type d'activités pour qu'elles soient viables. Le potentiel de réduction des émissions de GES grâce à la gestion des sites d'enfouissement a été examiné à fond dans le cadre du Processus national sur le changement climatique.

4.3.2.2 Capacité de recherche et de développement

A) Production de bioéthanol

Le Canada dispose d'une expertise considérable dans la conversion de divers types de biomasse, p. ex., la transformation de substrats agricoles et de déchets forestiers en éthanol. Dans le domaine de la conversion enzymatique des résidus agricoles et du bois dur en éthanol, La Iogen Corporation a acquis une expertise internationale grâce à ses activités soutenues de R-D depuis plus de 20 ans. Parmi les autres technologies prometteuses pour la production d'éthanol, mentionnons le procédé de saccharification organosolv à catalyse acide mis au point à la University of British Columbia dans les années 1980[6]. Ce procédé comprend la solubilisation de la lignocellulose à l'aide d'une solution concentrée d'acétone contenant une faible quantité d'acide; certains affirment qu'il pourrait être utilisé avec des matières premières très variées. D'autres activités de R-D ont porté sur l'amélioration de la fermentation de divers sucres pour produire de l'éthanol, par exemple la fermentation extractive expérimentée à la Queen's University , et la fermentation à très forte gravité, à la University of Saskatchewan . Il existe aussi une expertise dans la conversion de la biomasse en éthanol à Agriculture et Agroalimentaire Canada , au Conseil national de recherches du Canada , à la University of British Columbia et à la University of Toronto .

Aux États-Unis, l'Office of Fuels Development (OFD) du Department of Energy parraine le National Biofuels Program, qui chapeaute le Regional Biomass Energy Program (RBEP), le Bioenergy Feedstock Development Program (BFDP) et le Biofuels Program . Le Bioenergy Feedstock Development Program (BFDP), piloté par l'Oak Ridge National Laboratory (ORNL), a pour but la mise au point et la démonstration de cultures et de systèmes de culture acceptables sur le plan environnemental pouvant produire à faible coût de grandes quantités de biomasse d'excellente qualité comme matière première. Le Biofuels Program, administré par le National Renewable Energy Laboratory (NREL), comprend deux projets principaux, l'un sur le bioéthanol et l'autre sur le biodiesel. Les activités de R-D dans le cadre du projet sur le bioéthanol sont motivées par le désir de rendre le bioéthanol concurrentiel sur le marché d'ici à ce que les stimulants fiscaux prennent fin en 2007. Le NREL oriente donc principalement ses initiatives de recherche sur la technologie de la cellulase[7]. Dans la poursuite de l'objectif visant la production de bioéthanol à 0,40 $US le gallon (0,16 $CAN le litre), les recherches visent à augmenter l'activité des cellulases par un facteur d'au moins dix et à mettre au point des organismes de fermentation capables de transformer les sucres autres que le glucose ou de convertir directement la cellulose en éthanol (http://www.biofuels.doe.gov/bioethanol.html). Le U.S. Department of Agriculture effectue lui aussi des activités de R-D dans ce domaine, mais l'objectif visé est principalement la conversion de plantes cultivées en éthanol (http://www.nal.usda.gov/ttic/biofuels.htm). Des activités de R-D prometteuses axées sur la mise au point de souches de *Saccharomyces* pour la fermentation du xylose sont menées au Laboratory of Renewable Resources Engineering (LORRE) de la Purdue University.

En France et en Italie, les technologies de production de bioéthanol à partir de plantes cultivées comme la betterave à sucre, le blé et le sorgho sont bien maîtrisées, et il y a peu d'activités de R-D dans ce domaine. Cependant, des pays d'Europe, en particulier la Suède et la Finlande, grâce à leurs projets de recherche conjoints comme le projet sur la cellulase piloté par l'Union européenne, sont considérés comme les chefs de file mondiaux dans l'acquisition de connaissances de base sur les cellulases qui pourraient avoir des applications dans un large éventail d'industries, comme celles de l'énergie, des pâtes et papiers, du textile et de la transformation des aliments des humains et des animaux.

B) Production de biodiesel

Le potentiel de production de biodiesel à partir de déchets et d'huile de canola chauffée a fait l'objet de recherches au Centre de recherches de Saskatoon d'Agriculture et Agroalimentaire Canada (http://res.agr.ca/sask/fuel.html) au milieu des années 90, avec l'appui de la Saskatchewan Canola Development Corporation. Les recherches menées au Centre de la technologie de l'énergie de CANMET (Centre canadien de la technologie des minéraux et de l'énergie) à Ressources naturelles Canada ont conduit à la transformation de canola et de talloil en éléments de carburant diesel à indice de cétane élevé. Dernièrement, on a réalisé des progrès considérables dans l'accroissement du taux d'interestérification par catalyse basique des huiles végétales en biodiesel (http://www.chem-eng.utoronto.ca/faculty/boocock.html). Des activités de R-D visant l'augmentation de la teneur en huile des plantes cultivées sont menées à l'Institut de biotechnologie des plantes du Conseil national de recherches du Canada, et les résultats pourraient avoir des répercussions sur les aspects économiques de la production de biodiesel.

Aux États-Unis, des activités de R-D sur le biodiesel (mais pas aussi intensives que celles sur le bioéthanol) sont menées dans le cadre du National Biofuels Program et par le Department of Agriculture (voir la section précédente). Ces activités ont pour but principal de rendre le coût du biodiesel concurrentiel par rapport à celui du pétrodiesel. À l'heure actuelle, on estime que le coût de production de biodiesel à partir d'huile de soja est de 2,00 $US à 3,00 $US le gallon à la sortie de l'usine, et l'on vise à réduire ce coût à moins de 1,00 $US le gallon. Les recherches actuelles portent entre autres sur des méthodes enzymatiques faisant appel à des lipases pour produire du biodiesel à partir de matières premières peu dispendieuses comme des graisses animales, des graisses recyclées de restaurants et des sous-produits de faible valeur résultant de la transformation des huiles végétales (http://www.nal.usda.gov/ttic/biofuels.htm); on s'emploie aussi à améliorer le procédé de trituration et d'estérification du soja, à développer des graines d'oléagineux ayant une teneur en huile plus élevée et à augmenter le rendement du biodiesel par temps froid.

En Europe, les recherches sur le biodiesel sont appuyées par le Programme FAIR de la Commission européenne (CE). Entre 1985 et 1996, 44 millions d'écus ont été consacrés à 70 projets sur le biodiesel, projets en majorité axés sur la recherche dans le domaine de l'estérification, la France, l'Italie et l'Allemagne agissant comme chefs de file (http://europa.eu.int/en/comm/dg17/atlas/htmlu/lbrtdc.html).

C) Production de biogaz

La recherche et le développement dans le domaine de la production de biogaz à partir de résidus de sites d'enfouissement ou de l'agriculture augmentent graduellement au Canada. Eastern Power Ltd (Toronto, Ontario) s'emploie actuellement à la mise au point et à la démonstration d'un système de digestion anaérobie à deux phases pour le traitement des déchets urbains solides non recyclables (http://strategis.ic.gc.ca/SSGF/tp00158f.html). Le Centre de recherche et de développement sur le bovin laitier et le porc, qui relève d'Agriculture et Agroalimentaire Canada (http://res.agr.ca/lennox/home.htm), et l'Université d'Ottawa ont récemment obtenu un brevet américain (US5863434) pour la mise au point d'un traitement anaérobie des déchets agricoles. L'Institut de recherche en biotechnologie s'est aussi intéressé à la digestion anaérobie des déchets industriels, plus spécifiquement ceux de l'industrie des pates et papiers.

On trouvera sur le réseau Anaerobic Digestion Network une description des activités de R-D sur les biogaz menées dans plusieurs pays d'Europe. La production de biogaz à partir de digesteurs de fumier est considérée comme une technologie au point en Europe, et les activités de R-D sont maintenant orientées principalement sur les digesteurs de déchets solides. Aux États-Unis, le National Renewable Energy Laboratory (NREL) du Department of Energy a consacré une dizaine d'années à la mise au point d'une technologie de digestion anaérobie de matières organiques à forte teneur en solides. Cette technologie a été transférée à Pinnacle

Biotechnologies Inc. (Evergreen, Colorado), qui fait la démonstration de ses applications commerciales.

4.3.2.3 Capacité de réception

A) Bioéthanol

Au Canada, la production annuelle de bioéthanol à partir du maïs ou du blé à l'aide de technologies de fermentation reconnues atteint environ 220 millions de litres[8], dont la plus grande partie sert à fabriquer des mélanges de carburants (http://www.greenfuels.org/ethaprod.html). De plus, Tembec Inc. produit environ 14 millions de litres d'éthanol très pur (utilisé principalement dans la transformation des aliments et dans l'industrie pharmaceutique) à partir de liqueur de bisulfite usée[9]. D'autres entreprises ont manifesté de l'intérêt pour la construction d'usines de fabrication de bioéthanol à partir du maïs ou du blé, notamment Seaway Valley Farmers, Canadian Agra et Metalore Resources.

Les technologies qui sont mises au point pour la conversion des résidus agricoles ou forestiers en éthanol en sont actuellement à l'étape de la démonstration, ou presque. Par exemple, Iogen, en partenariat avec Petro-Canada et Partenariat technologique Canada, construit présentement une usine à Ottawa pour démontrer la rentabilité de la production d'éthanol à partir de matières premières agricoles comme la balle d'avoine, la paille et les tiges de maïs. Tembec Inc. fait également l'essai de souches de *Saccharomyces* capables de faire fermenter le xylose, mises au point à la Purdue University dans le but d'augmenter le rendement de la production d'éthanol à partir de liqueur de bisulfite usée. L'adoption ultérieure de ces biotechnologies dépendra du succès des usines de démonstration.

Aux États-Unis, on compte une cinquantaine de producteurs d'éthanol qui fabriquent environ 3,5 millions de tonnes d'éthanol, surtout à partir du maïs. La capacité de réception de technologies nouvelles est également à la hausse aux États-Unis. La société Arkenol, titulaire d'une série de brevets pour l'utilisation d'acide concentré dans la production d'éthanol, collabore avec le U.S. Department of Energy pour construire une installation commerciale de transformation de la paille de riz en éthanol dans le comté de Sacramento en Californie. Le Masada Resource Group coopère également avec le U.S. Department of Energy pour la construction d'une usine de transformation des déchets urbains solides en éthanol dans le comté d'Orange, New York. En outre, BC International construit une usine en Louisiane pour la conversion de la bagasse de canne à sucre en éthanol par hydrolyse en présence d'acide dilué (http://www.biofuels.doe.gov/bioethanol.html). Le potentiel des levures modifiées génétiquement mises au point à la Purdue University pour transformer les tiges de maïs et de blé en éthanol est présentement soumis à une évaluation de Swan Biomass Inc., une filiale d'Amoco, en collaboration avec plusieurs partenaires (http://www.agcom.purdue.edu/AgCom/news/backgrd/9808.Ho.yeast.html).

En Europe, les règlements et les subventions des gouvernements ont favorisé la croissance de l'industrie du bioéthanol. En 1995, la production totale était de 350 000 tonnes, dont 200 000 tonnes en France, et 120 000 tonnes en Italie. Selon la Commission de l'Union européenne, les biocombustibles devraient se tailler une part du marché correspondant à 5 % de la consommation totale de combustibles d'ici 2005 (http://www.biodiesel.de/biodiesel2000.htm).

B) Biodiesel

Selon les conclusions d'une analyse de certains marchés canadiens du diesel, trois facteurs principaux régiront la pénétration du biodiesel au Canada : le prix, la perception relative au diesel et sa compatibilité avec une industrie donnée (http://res.agr.ca/sask/fuel.html). Bien que le biodiesel ait été mis à l'essai dans

plusieurs localités canadiennes, il n'est pas encore disponible sur le marché, car son coût n'est pas concurrentiel par rapport à celui du pétrodiesel.

Dans d'autres pays où l'industrie du biodiesel s'est développée, les règlements et les subventions des gouvernements de même que l'appui du public ont joué un rôle déterminant. Par exemple, certains pays d'Europe ont appuyé la construction d'usines pilotes ou de démonstration grâce à l'octroi de subventions d'équipement et à des dégrèvements fiscaux applicables au biodiesel produit. En 1995, la production européenne de diesel était d'environ 500 000 tonnes, l'Italie (186 000 tonnes) et la France (160 000 tonnes) étant les principaux producteurs (http://europa.eu.int/en/comm/dg17/atlas/htmlu/lbpot1.html).

Aux États-Unis, il faut également des règlements et des subventions du gouvernement pour accroître la viabilité de l'industrie du biodiesel. Avant l'adoption d'une modification à l'*U.S. Energy Policy Act of 1992* (EPACT) à la fin de 1998, il y avait sept producteurs enregistrés de biodiesel qui exploitaient environ 10 % de la capacité totale évaluée à 50 millions de gallons. La modification qui permet aux gestionnaires de parcs automobiles de satisfaire aux dispositions de l'EPACT en utilisant un mélange contenant 20 % de biodiesel (B20) stimulera probablement le marché du biodiesel aux États-Unis (http://www.oilseeds.org/asa/asatemp/biodcong.htm).

C) Biogaz

Un rendement financier approprié est une condition préalable à toute installation de transformation de biogaz en énergie. En l'absence de stimulants comme des crédits d'impôt au Canada, les exploitants des sites d'enfouissement peuvent difficilement concurrencer les autres postes de production d'énergie, dont les économies d'échelle sont plus importantes et les coûts de production plus faibles. Il n'y a donc que 13 sites d'enfouissement environ au Canada qui convertissent les émissions de gaz en énergie. On trouvera une description de six de ces sites à l'adresse suivante : http://www.ec.gc.ca/nopp/lfg/bulletin/indexf.htm.

Aux États-Unis, des stimulants financiers comme des crédits d'impôt et des règlements relatifs à la collecte des gaz à effet de serre ont facilité la production d'énergie à partir des sites d'enfouissement (http://www.epa.gov.outreach/lmop/products.html). L'impact de ces stimulants est clairement démontré du fait que la société Comcor établie en Ontario, bien qu'elle n'ait pas d'installations de production au Canada, exploite une trentaine de sites d'enfouissement aux États-Unis produisant au total environ 130 MW.

Dans le secteur de la production de biogaz à partir de déchets agricoles, un certain nombre de projets de démonstration mis sur pied au Canada de 1973 à 1986 ont échoué à cause de l'instabilité du système, des exigences énormes en main-d'oeuvre et du faible rendement économique (http://www.ad-nett.org/html/canada.html). À l'heure actuelle, les principaux facteurs stimulant l'utilisation de la digestion anaérobie des déchets agricoles au Canada sont la réglementation environnementale, la récupération d'énergie et le désir des agriculteurs d'éliminer de leur environnement certains problèmes comme les odeurs et les organismes pathogènes. Bio-Terre Systèmes Inc, en collaboration avec le Centre de recherche et de développement sur le bovin laitier et le porc d'Agriculture et Agroalimentaire Canada , expérimente actuellement des systèmes de digestion anaérobie faisant appel à des microorganismes psychrophiles (adaptés aux basses températures) dans les élevages porcins du Québec.

Les systèmes de digestion anaérobie installés sur des fermes aux États-Unis ont également été touchés par certains des problèmes rencontrés au Canada, p. ex., des obstacles technologiques et économiques. Dans l'ensemble, environ 65 % des projets de digestion anaérobie ont échoué, et des régions comme le Michigan ont connu un taux d'échec de plus de 85 % (http://www.msu.edu/~rozdilsk/adpaper.htm).

Au milieu des années 80, la production de biogaz par des fermes européennes a également été ralentie par des obstacles techniques et économiques malgré des subventions gouvernementales très généreuses. Depuis lors, nombre de problèmes techniques ont été résolus, et grâce aux subventions gouvernementales continues accordées aux installations de biogaz, environ 200 nouvelles usines ont été construites en Allemagne au cours des deux dernières années (http://www.ad-nett.org/html/germany.html).

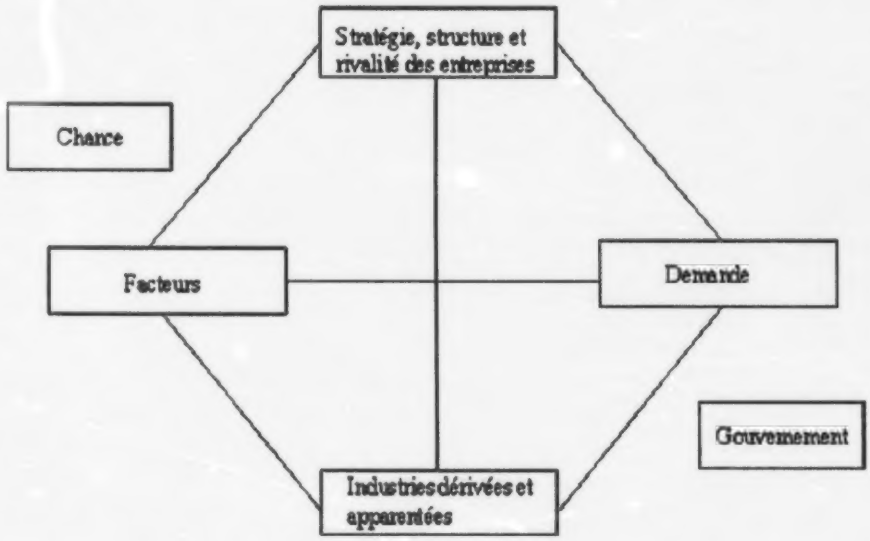
4.3.2.4 Évaluation du secteur

Le modèle ® en losange ¯ de Michael Porter[10] servira à évaluer la capacité du Canada à être concurrentiel dans les industries du bioéthanol, du biodiesel et du biogaz (sites d'enfouissement). Selon ce modèle (figure 1), les régions obtiennent un avantage concurrentiel fondé sur leur capacité d'innovation. Les paramètres déterminants qui influent sur la capacité d'innovation sont les suivants :

- les facteurs, comme le bassin de travailleurs spécialisés, les ressources naturelles et l'infrastructure;
- la demande des consommateurs locaux, qui incite les entreprises à innover;
- les industries dérivées et apparentées qui créent une infrastructure commerciale et essaiment;
- la stratégie, la structure et la rivalité des entreprises.

En plus de ces paramètres, la chance et les mesures gouvernementales jouent aussi un rôle très important, en particulier aux premiers stades de l'établissement d'une industrie.

Figure 1 : Modèle en losange de Porter



A) Bioéthanol

Les facteurs de soutien d'une industrie du bioéthanol au Canada sont en général très favorables et comprennent les éléments ci-dessous:

- excellentes capacités de recherche-développement dans l'industrie, les universités et les laboratoires gouvernementaux en ce qui a trait à la conversion de la biomasse lignocellulosique en éthanol;
- abondance des ressources renouvelables liées à la biomasse agricole et forestière à la grandeur du pays;
- infrastructure existante pour la distribution du carburant destiné aux transports, qui supporte l'intégration d'éthanol dans le mélange de carburant.

Du côté de la demande, les associations agricoles, les organisations environnementales et les organismes gouvernementaux sont les principaux promoteurs du bioéthanol. Les intervenants clés dans la chaîne de valeur en place dans l'industrie canadienne de transport du carburant, p. ex., les producteurs d'essence, considèrent l'éthanol comme une solution de remplacement à plusieurs des composés oxygénés qu'ils peuvent produire. Il n'y a donc aucune demande garantie de leur part, sauf si les autres composés oxygénés sont interdits à cause des risques pour l'environnement ou la santé, ou si l'on réglemente l'utilisation du bioéthanol. Du côté des consommateurs, la demande est également limitée à cause du manque d'informations sur le bioéthanol.

En ce qui a trait aux industries dérivées et apparentées, contrairement à l'approvisionnement en maïs ou en blé pour les producteurs d'éthanol, il n'y a pas encore de système fiable en place pour assurer aux entreprises de transformation un approvisionnement en déchets agricoles et en résidus de bois, ce qui pourrait constituer un obstacle majeur. Le fait que les progrès au chapitre de la technologie des piles à combustible ont été axés principalement sur l'utilisation du méthanol comme source de combustible peut aussi limiter considérablement la croissance de l'industrie du bioéthanol, surtout dans des pays comme le Canada, qui peuvent facilement produire du méthanol.

Les stratégies adoptées par les organisations canadiennes qui envisagent la production d'éthanol à partir de la biomasse ont grandement contribué au développement de l'industrie. Ce sont les suivantes :

- mettre au point des technologies de pointe pour la conversion de la lignocellulose;
- améliorer la profitabilité générale de la production d'éthanol en fabriquant des co-produits à valeur ajoutée;
- profiter des avantages réservés aux promoteurs d'avant-garde en démontrant la faisabilité commerciale de leur technologie;
- garantir des approvisionnements adéquats en matières premières;
- établir des alliances stratégiques avec des partenaires clés qui peuvent assurer la mise en marché et la distribution de l'éthanol produit.

Comme on s'y attendait, les gouvernements ont aussi joué un rôle primordial dans le développement de l'industrie canadienne du bioéthanol. Voici quelques exemples d'initiatives gouvernementales:

- exemption de la taxe d'accise fédérale et de taxes provinciales[11] sur les mélanges de carburant contenant de l'éthanol;
- création du Programme national sur l'éthanol de la biomasse, qui offre une ligne de crédit remboursable garantie par le gouvernement fédéral en cas de réduction ou d'élimination future de la taxe d'accise fédérale pour l'éthanol (http://www.agr.ca/progser/aafnbep.html);
- allocation de fonds pour les activités de recherche-développement sur la production d'éthanol à partir de la biomasse;
- stimulants financiers provinciaux au Manitoba et en Saskatchewan, qui ont débouché sur la construction d'usines pour la fabrication d'éthanol à partir de céréales. Par exemple, l'usine de

fabrication d'éthanol Poundmaker, à Lanigan (Saskatchewan), a reçu une aide de 0,40 $/litre pour les premières années d'exploitation de l'usine pour les produits vendus sur le marché de la Saskatchewan (http://www.agr.ca/pfra/sidcpub/sidcft3.htm).

En résumé, des facteurs favorables, de bonnes décisions stratégiques de la part des entreprises et des initiatives gouvernementales ont été les éléments déterminants qui ont permis au Canada de devenir un compétiteur de catégorie internationale dans le domaine de la conversion de la biomasse cellulosique en éthanol. Outre l'usine construite à Ottawa par Iogen Corporation, d'intéressants débouchés se présentent dans d'autres parties du pays, en particulier en Colombie-Britannique, où les réserves de résineux sont considérables. Cependant, en plus de démontrer la rentabilité d'un procédé, il faudra éliminer les obstacles ou menaces ci-dessous si l'on veut en arriver à un niveau d'exploitation important de l'industrie de l'éthanol au Canada:

- il n'y a pas encore de système d'approvisionnement en matières premières en place pour fournir des déchets agricoles et des résidus de bois aux entreprises de transformation;
- les producteurs d'essence considèrent que l'éthanol est une solution de remplacement pour plusieurs autres composés oxygénés; par conséquent, ils ne représenteront peut-être pas un marché important pour l'éthanol;
- les stimulants fiscaux offerts par les gouvernements pourraient être réduits ou éliminés;
- on manque de ressources financières pour la démonstration d'autres technologies prometteuses (p. ex., une technologie qui pourrait permettre la transformation de résineux en éthanol);
- les consommateurs et les gestionnaires de parcs automobiles ne sont pas sensibilisés au bioéthanol;
- sur le plan commercial, les piles à combustible ne seront peut-être pas conçues pour l'utilisation de l'éthanol comme source de combustible.

B) Biodiesel

Tout comme dans le cas du bioéthanol, les facteurs sont très favorables à la production de biodiesel au Canada, étant donné que ce pays est un producteur et un exportateur important d'huiles végétales (p. ex., canola ou soja). De plus, la technologie et la main-d'oeuvre expérimentée nécessaires à la conversion d'huiles en biodiesel sont déjà disponibles.

La demande canadienne de biodiesel est cependant limitée à cause de son prix élevé comparativement à celui du pétrodiesel ou d'autres combustibles renouvelables comme l'éthanol. En 1997, le coût du biodiesel se situait à environ 1,20 $ le litre. Comme les industries ciblées (p. ex., les mines ou le secteur maritime) qui sont les plus susceptibles d'adopter le biodiesel à cause de ses avantages environnementaux acceptaient tout au plus de payer un supplément d'environ 10 % pour l'utilisation de biodiesel au lieu de pétrodiesel (20 à 50 cents le litre), la demande ne devrait pas augmenter à moins que le prix du biodiesel ne diminue beaucoup. Donc, à court et à moyen terme, le meilleur potentiel d'utilisation du biodiesel est probablement son emploi comme additif (dans une proportion allant jusqu'à 4 %) pour réduire la teneur en soufre du pétrodiesel et améliorer ses propriétés lubrifiantes sans augmentation importante du prix.

L'expansion de l'industrie canadienne du biodiesel est également ralentie du fait que le soutien gouvernemental est très restreint comparativement à celui qui est fourni par les États-Unis et surtout par certains pays d'Europe. Si le gouvernement du Canada n'augmente pas sa contribution, p. ex., en adoptant une réglementation environnementale plus sévère dans le domaine des émissions de soufre et en accordant des stimulants fiscaux, le biodiesel se taillera difficilement une place sur le marché du diesel.

En résumé, à court terme, le meilleur marché potentiel pour le biodiesel au Canada est son utilisation comme additif pour réduire les émissions de soufre et améliorer les propriétés lubrifiantes du pétrodiesel. Pour que cette possibilité se concrétise, une réduction du coût de production et l'adoption de règlements gouvernementaux seront des paramètres déterminants.

C) Industrie du biogaz (sites d'enfouissement / déchets urbains solides)

Les facteurs sont en place pour permettre le développement de l'industrie du biogaz au Canada. De fait, plusieurs entreprises canadiennes de consultants en ingénierie ont de l'expertise dans ce domaine; l'industrie canadienne mène également des activités de R-D prometteuses dans le domaine de la digestion des déchets solides. En outre, il existe une centaine de sites d'enfouissement dont les gaz pourraient être exploités.

Cependant, compte tenu du prix relativement faible de l'énergie au Canada, la récupération d'énergie à partir des sites d'enfouissement est restreinte. La demande locale étant limitée, les entreprises canadiennes vendent leurs services à d'autres pays comme les États-Unis, où les préoccupations environnementales sont le moteur de l'industrie. Cette tendance devrait se maintenir à moins que le Canada n'offre des stimulants financiers aux exploitants de gaz des sites d'enfouissement, sous forme de crédits d'impôts et de crédits d'émissions de gaz à effet de serre, comme ceux qui sont déjà offerts aux États-Unis.

Notes en bas de page:

1. L'Office national de l'énergie (1999) - L'énergie au Canada - Offre et demande jusqu'à 2025.
Retour au text

2. Un pétajoule (10^{15} joules) équivaut approximativement à 165 000 barils de pétrole.
Retour au texte

3. Exposé de Heather Dettman, Ph.D., du Centre national des technologies de valorisation (CNTV), au Forum sur les biotechnologies environnementales pour le développement industriel durable tenu à Montréal le 2 février 2000.
Retour au texte

4. OCDE, La biotechnologie au service de produits et de procédés industriels propres, p. 30 (1998).
Retour au texte

5. Décomposition de la matière organique par des microorganismes en l'absence d'oxygène.
Retour au texte

6. Les brevets relatifs à cette technologie sont à l'origine d'un différend entre des organismes canadiens et brésiliens, de sorte que cette technologie n'a pas encore été éprouvée à l'échelle commerciale.
Retour au texte

7. Selon les prévisions, les prochaines réductions de coût seront probablement quatre fois plus grandes grâce au procédé de fabrication à l'aide de cellulases comparativement au procédé utilisant de l'acide concentré, et trois fois plus grandes qu'au moyen du procédé utilisant de l'acide dilué.
Retour au texte

8. Les sociétés qui participent à la fabrication d'éthanol à l'échelle commerciale au Canada sont les suivantes : Commercial Alcohols (Chatham, Ont.), Mohawk (Minnedosa, Man.), Pound-Maker Agventures Ltd. (Lanigan, Sask.), API Grain Processors (Red Deer, Alb.) et Tembec Inc. (Témiscamingue, Qué).

Retour au texte

9. Exposé de David Cameron, Ph.D., de Tembec Ind, au Forum sur les Biotechnologies environnementales pour le développement industriel durable tenu à Montréal le 2 février 2000.
Retour au texte

10. Porter M., Competitive advantage of nations, Free Press, New York (1990).
Retour au texte

11. L'Ontario, le Manitoba, l'Alberta et le Québec (janvier 2000) offrent actuellement des stimulants fiscaux. La Colombie-Britannique en fera autant lorsqu'il y aura une usine d'éthanol en exploitation dans la province.
Retour au texte

Page précédente *Table des matières* *Page suivante*

Aide Quoi de neuf Carte du site Opinion Contexte English Haut de la page

Canada
http://strategis.ic.gc.ca

Auteur - Industrie Canada - Direction générale des sciences de la vie Date de diffusion - 2000-10-24

4.4 Le secteur minier au Canada

4.4.1 Applications de la biotechnologie
4.4.2 Capacité de recherche et de développement
4.4.3 Capacité de réception
4.4.4 Évaluation du secteur

L'industrie minière contribue grandement à l'économie canadienne. En 1997, les industries de l'exploitation minière et du traitement des minerais ont injecté 26,2 milliards de dollars dans l'économie, une somme équivalant à environ 3,8 % du PIB canadien, et elles ont fourni de l'emploi à 368 000 canadiens. Le Canada se classe parmi les quatre plus grands producteurs de plusieurs métaux (p. ex., uranium, zinc, cadmium, nickel, aluminium, cuivre, or) et minéraux (p. ex., potasse, amiante et gypse). Les quatre métaux dont la production a été la plus importante en 1997 sont l'or (2,5 milliards de dollars), le cuivre (2,07 milliards de dollars), le zinc (1,88 milliard de dollars) et le nickel (1,77 milliard de dollars).

L'un des principaux défis que doit relever l'industrie minière consiste à extraire et à traiter les ressources en minéraux et en métaux de façon à perturber le moins possible l'écosystème. Selon le rapport sur les progrès environnementaux de 1998 publié par l'Association minière du Canada , les principaux enjeux environnementaux auxquels s'attaque présentement le secteur minier sont les suivants :

- la gestion des résidus miniers;
- les métaux dans l'environnement;
- l'efficacité énergétique;
- les problèmes liées à l'eau;
- une meilleure estimation des rejets de l'industrie.

La mise au point et l'adoption de nouvelles technologies, dont la biotechnologie, jouera un rôle déterminant dans la résolution de ces problèmes.

Contenu du chapitre *Notes en bas de page* *Table des matières*

4.4.1 Applications de la biotechnologie

La contribution de la biotechnologie à une production plus propre dans le secteur minier touche principalement l'extraction des métaux que contiennent divers types de minerais au moyen de techniques de

biolixiviation ou de biooxydation, et la prévention du drainage minier acide (DMA). Comme la biolixiviation et l'oxydation biologique s'effectuent surtout à température et pression ambiantes ou peu élevées, la réduction des émissions de gaz à effet de serre et les économies potentielles d'énergie qu'elles génèrent sont plus faibles comparativement au grillage et à la fusion, qui sont des procédés de traitement à haute température. Cependant, il convient de noter que la fusion est un procédé exothermique, et que les économies d'énergie ne sont peut-être pas un enjeu majeur si on les compare aux coûts d'immobilisation et d'exploitation plus faibles liés aux installations de biolixiviation et de biooxydation par rapport à ceux d'une fonderie.

La prévention du drainage minier acide (DMA) ou exhaure de roches acides (ERA) représente un autre volet où la biotechnologie peut contribuer à une production moins polluante. Lorsque des sous-produits miniers comme les stériles sulfurés viennent en contact avec l'oxygène et l'eau, il se forme des effluents acides qui peuvent entraîner la lixiviation de métaux lourds et contaminer le sol et l'eau. Les systèmes biologiques mis au point en vue de limiter ou de prévenir le DMA sont intégrés aux opérations minières, requièrent peu d'entretien et sont conçus de façon à traiter les eaux souterraines contaminées par des résidus miniers avant la production de drainage acide. Cette méthode s'oppose aux procédés classiques, comme le traitement à la chaux, qui produisent des quantités considérables de boues résultant de la collecte et du traitement des eaux acides. La biotechnologie peut aussi jouer un rôle important dans le traitement d'autres effluents miniers, par exemple, pour éliminer les métaux contenus dans les eaux usées au moyen de plantes ou de terres humides (http://www.ec.gc.ca/science/sandemar99/article1_f.html), (http://www.microbialtech.com/index.html), (http://www.nrcan.gc.ca/mets/biominet/homef.htm). Mais ces applications ne seront pas abordées dans les sections suivantes, car elles sont considérées comme un traitement en bout de chaîne et ne font pas partie des procédés de production moins polluants.

Contenu du chapitre *Notes en bas de page* *Table des matières*

4.4.2 Capacité de recherche et de développement

Depuis une quarantaine d'années, le Canada encourage la R-D et l'utilisation de la biotechnologie dans le secteur minier. Cette approche a permis de nombreuses percées en recherche, qui ont trouvé des applications dans le monde entier. Les capacités de R-D se trouvent pour la plupart dans les laboratoires gouvernementaux, les universités, les entreprises de consultants en ingénierie et, dans une moindre mesure, dans les sociétés d'exploitation minière.

A) Biolixiviation / biooxydation

La chaire de recherche industrielle en biohydrométallurgie du département de génie des métaux et des matériaux de la University of British Columbia offre des programmes dans les catégories suivantes : développement de cultures bactériennes, oxydation biologique de minerais d'or ou d'argent non amalgamables, biolixiviation améliorée de la chalcopyrite, conception et mise à l'échelle de bioréacteurs, et biolixiviation de minerais pauvres et de résidus miniers. La University of Manitoba possède également une expertise en ce qui a trait au mécanisme d'oxydation du soufre, du fer et de l'ammoniac par des bactéries autotrophes, et à la lixiviation bactérienne des métaux présents dans les minerais sulfurés. Les Laboratoires des mines et des sciences minérales (LMSM) du CANMET (Centre canadien de la technologie des minéraux et de l'énergie), qui relèvent de Ressources naturelles Canada et BC Research Inc. ont aussi mené des recherches sur le potentiel de la biolixiviation et de la biooxydation.

Dans d'autres pays, des activités intensives de R-D sont menées sur la biolixiviation du minerai de cuivre et sur la biooxydation des concentrés d'or non amalgamables, p. ex., au Centro de Investigacion Minera y Metalurgica (CIMM) au Chili , à Mintek, l'organisme national de recherche sur les minéraux de l'Afrique du Sud , au département de génie chimique de la University of Cape Town et au National Engineering and Environmental Laboratory (INEEL) dans l'Idaho . D'autres entreprises ont également acquis de l'expertise dans ce domaine, par exemple, Billiton (Londres, Royaume-Uni) et BacTech Metallurgical Solutions Ltd (Belmont, Australie-Occidentale) . La société Billiton, qui exerce ses activités dans plusieurs pays dont le Canada, a mis au point, en collaboration avec l'entreprise Gencor d'Afrique du Sud, le procédé BIOX, éprouvé à l'échelle commerciale pour l'extraction de l'or contenu dans les composés sulfurés non amalgamables. À l'heure actuelle, les efforts de l'entreprise visent principalement à faire la démonstration du procédé BioNic pour le traitement des minerais pauvres en nickel et dont l'extraction chimique est difficile, ainsi que du procédé BioCop pour l'extraction du cuivre. BacTech, qui a aussi une filiale au Canada, est également à l'origine d'une technologie éprouvée sur le plan commercial pour le traitement préalable des concentrés d'or. En avril 1997, BacTech Australia a conclu une entente de coentreprise avec la société Mintek pour la mise au point d'une technique de biolixiviation spécialement conçue pour les concentrés de cuivre.

B) Drainage minier acide

Au Canada, en raision d'engagements estimés à une valeur de 2 à 5 milliards de dollars en regard du DMA, plusieurs procédés de prévention ou de traitement ont été mis au point pendant les dix dernières années (http://mend2000.nrcan.gc.ca/francais/introduction_f.htm). Parmi les projets relatifs à des procédés biologiques ayant pour but de limiter ou de prévenir le DMA, mentionnons les initiatives ci-dessous:

- mise au point de réacteurs poreux contenant des matières organiques solides réactives, que l'on installe sous terre sur le trajet des eaux courantes altérées par des résidus miniers. Ces réacteurs augmentent la réduction biologique des sulfates, et les eaux souterraines contaminées par des résidus miniers sont traitées avant qu'elles ne contribuent à la production de drainage acide (http://www.science.uwaterloo.ca/earth/blowes.html);
- essais sur l'efficacité de diverses couvertures organiques (p. ex., déchets des industries des pâtes et papiers, compost, tourbe) sur le dessus des résidus miniers (http://mend2000.nrcan.gc.ca/reports/2253es_f.htm), (http://www.lakefield.com). Ces couches de matière organique fibreuse empêchent le DMA en retenant l'eau et en privant les résidus miniers d'oxygène.

Les traitements biologiques mis au point pour la prévention du DMA comprennent le procédé de conversion biologique des sulfates en sulfures (procédé du biosulfure) (http://www.direct.ca/ntbc/) et l'aménagement de terres humides (Boojum Research Ltd, Toronto). Une première étude canadienne sur les consortiums microbiens présents sur le trajet du l'eau d'exhaure, effectuée par l'Institut de recherche en biotechnologie, en collaboration avec Boojum Research, contribuera également a trouver des solutions au DMA.

Contenu du chapitre *Notes en bas de page* *Table des matières*

4.4.3 Capacité de réception

A) Biolixiviation / biooxydation

Le Canada a piloté de nombreux projets qui ont donné lieu à des percées en biotechnologie dans le secteur minier, mais l'apport de la biotechnologie à l'industrie minière canadienne est très limité. En ce qui a trait à la biolixiviation, deux applications commerciales ont été réalisées : une installation de biolixiviation de l'uranium aux mines Denison, et une usine de biolixiviation de tas de cuivre à Gibraltar (Colombie-Britannique). Parmi les principaux obstacles à l'adoption de la biolixiviation ou de la biooxydation au Canada, mentionnons les suivants :

- il y a une surcapacité de production dans les installations canadiennes utilisant des technologies de traitement classiques comme le grillage et la fusion; dans d'autres parties du monde où il n'y a pas de surcapacité de production, les sociétés minières canadiennes adoptent la technologie de la biolixiviation; par exemple, Cominco possède une technologie chilienne brevetée pour l'exploitation d'une mine de cuivre au Chili;
- on enregistre un manque de fonds pour la résolution des difficultés spéciales liées aux conditions climatiques qui prévalent au Canada, mais ces difficultés ne sont pas majeures et l'on pense qu'avec de modestes améliorations des propriétés cinétiques et de l'efficacité des procédés de biolixiviation, une dizaine de nouveaux gisements minéraux pourraient être exploités au cours des dix prochaines années;
- les intervenants de l'industrie ne sont pas assez sensibilisés et considèrent que les procédés biologiques sont peu fiables;
- les procédés de biolixiviation et de biooxydation n'ont pas répondu aux attentes lors des premières expériences menées au Canada.

Les procédés de biolixiviation et de biooxydation ont cependant été appliqués avec succès dans d'autres pays, plus particulièrement au Chili, en Australie et en Afrique du Sud. Par exemple, le procédé BIOX sert au traitement préalable des concentrés d'or dans cinq usines et le procédé BacTech est utilisé à un endroit[1] . On prévoit mettre en place des usines de démonstration pour les procédés BioCop et BioNic (http://www.billiton.com).

B) Prévention du DMA (drainage minier acide)

Les réacteurs poreux et les couvertures organiques décrits ci-dessus sont actuellement mis à l'essai par la société Falconbridge à certains endroits au Canada en collaboration avec la University of Waterloo (http://www.nserc.ca/news/c991014_b5.htm). L'adoption de ce genre de procédés biologiques de préférence à d'autres types de procédés dépendra des facteurs ci-dessous:

- démonstration à grande échelle de la rentabilité des bioprocédés. Cette exigence peut souvent se révéler un obstacle majeur, car les chercheurs à l'origine de nouvelles technologies éprouvent de la difficulté à trouver des partenaires industriels appropriés qui acceptent d'assumer une partie des risques et de participer financièrement à la démonstration d'une technologie en particulier. Les usines de démonstration actuelles qui expérimentent les réacteurs poreux indiquent que ceux-ci seront probablement rentables, ce qui est de bon augure pour la technologie en question.
- perception de la biotechnologie par les sociétés d'exploitation minière. On observe moins de scepticisme de ces sociétés concernant le potentiel de la biotechnologie, mais il y a encore beaucoup à faire au chapitre du transfert d'information.
- statut de la réglementation environnementale. Des bioprocédés plus efficaces que les procédés classiques pourraient être laissés de côté si la réglementation n'est pas suffisamment contraignante.

Contenu du chapitre *Notes en bas de page* *Table des matières*

4.4.4 Évaluation du secteur

La biotechnologie peut jouer un rôle important pour aider l'industrie minière à régler ses problèmes environnementaux de façon économique. Les procédés de biolixiviation et de biooxydation sont non seulement éconergétiques mais requièrent moins d'investissements dans les immobilisation et les frais d'exploitation comparativement aux fours de fusion et aux fours de grillage. Au Canada, bien que les laboratoires gouvernementaux et les universités mènent des activités de R-D depuis une quarantaine d'années, l'adoption des procédés de biolixiviation et de biooxydation est restreinte. La capacité de production excédentaire des fours de grillage et des fours de fusion classiques de même que certaines difficultés techniques liées au climat rigoureux sont les principaux obstacles à l'adoption des procédés en question. Ces obstacles techniques ne sont toutefois pas considérés comme étant majeurs, et l'on signale qu'avec de modestes améliorations des propriétés cinétiques et de l'efficacité du procédé, une dizaine de gisements minéraux pourraient être exploités au cours des 10 prochaines années (http://envirolab.NRCan.gc.ca/biotech-f.htm). La solution de ces problèmes techniques représente donc une excellente occasion pour les sociétés d'exploitation minière, les laboratoires gouvernementaux et d'autres organisations de R-D d'assumer un rôle de premier plan et de s'assurer que l'écart ne s'élargit pas entre le Canada et les autres pays riches en minerais (p. ex., l'Afrique du Sud, l'Australie et le Chili) quant à sa capacité de mettre au point et d'adopter des bioprocédés novateurs présentant à la fois des avantages environnementaux et économiques.

En ce qui a trait à la prévention du drainage minier acide, le Canada est considéré comme un chef de file mondial, et les activités actuelles de R-D indiquent que les bioréacteurs peuvent représenter une option rentable et élégante. Comme la capacité de réception pour ces bioréacteurs dépendra des résultats de projets de démonstration pilotes ou à grande échelle, il est essentiel que des ressources financières adéquates soient prévues pour la démonstration de la viabilité commerciale des projets. À mesure que diminue le scepticisme des sociétés minières en regard du potentiel de la biotechnologie, des bioprocédés rentables éprouvés sur le plan technique et intégrés aux opérations minières pourraient très bien soutenir la concurrence avec les procédés classiques ou d'autres procédés nouveaux. Une réglementation environnementale plus rigoureuse peut également favoriser l'adoption de bioprocédés, tout particulièrement dans les cas où les procédés biologiques sont plus efficaces et génèrent moins de résidus que les procédés classiques.

Notes en bas de page:

1. OCDE, La biotechnologie au service de produits et de procédés industriels propres, p. 168-172 (1998).
   Retour au texte

Page précédente *Table des matières* *Page suivante*

Aide Quoi de neuf Carte du site Opinion Contexte English Haut de la page

Canada

http://strategis.ic.gc.ca

Auteur - Industrie Canada - Direction générale des sciences de la vie

Date de diffusion - 2000-10-24

4.5 Le secteur de la transformation des aliments et des boissons au Canada

4.5.1 Applications de la biotechnologie
4.5.2 Capacité de recherche et de développement
4.5.3 Capacité de réception
4.5.4 Évaluation du secteur

L'industrie canadienne de la transformation des aliments et des boissons compte pour environ 2 % du PIB. Les principaux segments de ce secteur sont : les viandes et les produits de la viande (CTI-E 1011), les produits laitiers (CTI-E 1049 et CTI-1041), les produits de la volaille (CTI-E 1012), les produits du poisson (CTI-E 1021), les fruits et légumes congelés (CTI-E 1032), le pain et les autres produits de boulangerie (CTI-E 1072), les produits de brasserie (CTI-E 1131) et les aliments pour animaux (CTI-E 1053). On peut obtenir des détails sur les secteurs qui constituent l'industrie de la transformation des aliments et des boissons sur le site web Strategis d'Industrie Canada (http://strategis.ic.gc.ca/SSG/tm00025e.html).

Les principaux problèmes environnementaux auxquels fait face cette industrie sont la transformation ou le traitement des déchets liquides et solides et la réduction de l'utilisation des produits chimiques toxiques, tel le chlore. Dans l'ensemble, ces secteurs ne sont pas considérés comme à forte intensité d'énergie, mais des solutions moins énergivores sont recherchées dans le cas de certains procédés qui consomment beaucoup d'énergie (comme le blanchiment des légumes). Les sections suivantes traitent de certains des moyens par lesquels la biotechnologie peut solutionner les problèmes environnementaux et énergétiques que comportent ces secteurs.

Contenu du chapitre *Notes en bas de page* *Table des matières*

4.5.1 Applications de la biotechnologie

La fermentation est utilisée depuis des siècles dans la transformation des aliments, pour les conserver ou pour en améliorer les qualités. On pense par exemple à des aliments comme le fromage, les marinades, les saucisses, la bière et le pain. Plus récemment, la possibilité d'utiliser la biotechnologie comme outil de production moins polluante dans le secteur de la transformation des aliments a également attiré l'attention,

notamment dans les pays industrialisés. Voici par exemple comment la biotechnologie a contribué à assainir la production et à abaisser les coûts dans l'industrie de la transformation des aliments :

- Transformation des déchets en produits utiles, ce qui réduit la quantité de déchets dans les décharges et les émissions de gaz à effet de serre.
- Réduction de la production de fumier, d'azote et de phosphore des animaux d'élevage par la mise au point et l'utilisation d'enzymes dans les moulées, comme les endoxylanases et les phytases qui améliorent l'indice de conversion et réduisent la pollution.
- Remplacement des procédés chimiques dont le rendement est relativement faible et qui exigent des températures élevées, des pressions élevées et des acides par des procédés enzymatiques plus doux.

À remarquer que les bioprocédés qui ont été mis au point pour traiter les déchets solides et liquides avant leur élimination ne sont pas abordés dans les sections suivantes, étant donné qu'ils sont considérés comme des procédés de traitement en aval.

Contenu du chapitre *Notes en bas de page* *Table des matières*

4.5.2 Capacité de recherche et de développement

A) Transformation des déchets

On peut trouver de l'expertise dans le domaine de la valorisation des déchets issus de la transformation des aliments dans les universités, les laboratoires gouvernementaux, les PME innovatrices et des centres spécialisés comme le Centre de technologie alimentaire de Guelph.

Voici des exemples de recherche sur la transformation des déchets de fruits de mer :

- production de N,O-carboxyméthylchitosane (NOCC), un biopolymère dérivé de déchets de crustacés. Ce biopolymère a fait l'objet d'une étude visant à l'utiliser dans des matériaux médicaux et des produits agricoles;
- production de pellicules plastiques biodégradables à partir du chitosane;
- production de revêtements protecteurs et de biofongicides à partir de chitosane pour la conservation des fruits et légumes frais.

On effectue également des recherches fondamentales sur les propriétés antimicrobiennes du chitosane à l'Université Laval et sur la chitosanase à l'Université de Sherbrooke.

Des déchets ou des sous-produits de l'industrie laitière ainsi que d'autres déchets alimentaires ont également été valorisés comme l'indiquent les projets suivants :

- La production de nutraceutiques et de bioingrédients fonctionnels à partir de sous-produits laitiers comme le lactosérum (http://res.agr.ca/sthya/rech.htm#lait); (http://alpha.eru.ulaval.ca/stelawww/donnees/membres/francais/christophe_lacroix.html).
- La mise au point de matériaux d'emballage biodégradables à partir de sels de caséine dérivés de sous-

produits laitiers (http://www.bioenvelop.com).
- La mise au point de Fibrimex, un liant naturel des viandes fraîches (http://www.mtgplace.com/com/fna/1154S278.HTM).
- L'utilisation de microorganismes thermophiles pour transformer des déchets alimentaires en engrais organiques (http://www.ibrcorp.com).
- La mise au point de procédés de transformation de déchets alimentaires renfermant de grandes quantités de matières grasses ou d'huiles en conditionneurs de sol (http://www.nationalchallenge.com).
- La production de biopesticides à partir de flux de déchets (http://www.inrs-eau.uquebec.ca/activites/repertoire/rajeshwar_dayal_tyagi/infocv.htm).
- La production d'alpha-amylase par fermentation en milieu solide de pelures de pomme de terre de rebut qui remplace la fermentation en milieu submergé, laquelle produit de grandes quantités d'eaux usées (http://www.agrenv.mcgill.ca/agreng/STAFF/sheppard/index.htm).
- La transformation d'effluents piscicoles en aliments pour animaux par des cyanobactéries (http://www.ulaval.ca/vrr/rech/Regr/00056.html).

Comme des enzymes sont souvent les éléments clés des procédés de transformation, il importe de mentionner qu'il y a également beaucoup d'activité dans la mise au point de techniques qui modifient les propriétés des enzymes. La modification chimique, la mutagénèse dirigée, l'utilisation de cristaux d'enzymes réticulées et d'enzymes hybrides sont des exemples de méthodes par lesquelles on peut obtenir des enzymes possédant de nouvelles propriétés. Le Canada possède de l'expertise dans ce domaine, notamment dans le cadre du Réseau de centres d'excellence en génie protéique et à l'Université de Toronto. La mise au point de variantes de l'enzyme alpha-amylase *B.licheniformis* qui soient thermostables et tolérants à l'acide pour l'industrie de l'amidon et l'amélioration de la glucoamylase sur les plans de la thermostabilité et de la spécificité du substrat en sont des exemples[1].

Voici des activités qui ont été signalées dans d'autres pays[2] :

- utilisation d'épis de maïs comme substrat de la production d'acide citrique;
- utilisation des déchets de la canneberge comme substrat pour des inoculums fongiques;
- production de *kluyveromyces* et d'autres levures à fermentation lactique en tant qu'agents de sapidité à partir du lactosérum.

Aux É.-U., le programme de transfert de technologie de la Food Manufacturing Coaliation (FMC) créé en 1996 est le principal outil servant à repérer les technologies innovatrices qui touchent les problèmes courants de l'industrie en ce qui a trait à la qualité de l'environnement et à l'efficacité des procédés. La FMC, qui est appuyée par la U.S. Environmental Protection Agency et le U.S. Department of Agriculture, a déterminé plusieurs besoins de l'industrie de transformation des aliments en matière de technologies génériques et recherche des technologies dans divers centres de recherche (http://foodsci.unl.edu/fmc/fmc-00.htm).

B) Technologie des enzymes dans les aliments pour animaux

Le Centre de recherches de Lethbridge d'Agriculture et Agroalimentaire Canada possède une expertise considérable dans divers aspects de la technologie des enzymes pour les aliments destinés aux animaux. On a isolé à partir des microorganismes du rumen, des enzymes qui peuvent améliorer l'indice de conversion et ainsi réduire la pollution, telles des xylanases, des cellulases, des phytases et des protéases; ces enzymes font actuellement l'objet de tests visant à les incorporer aux aliments d'animaux non ruminants. On fait également des recherches visant à accroître l'activité des enzymes par une modification directe de la structure des gènes ou par l'utilisation d'agents qui facilitent la liaison des enzymes à leurs substrats. Il y a également beaucoup

d'expertise dans ce domaine au département de zootechnie de la University of Manitoba. Comme l'utilisation des enzymes, notamment les enzymes recombinantes, en est encore à ses débuts dans l'industrie des aliments pour animaux, des recherches visent également à mettre au point des essais enzymatiques plus sensibles et plus précis et à étudier le site d'action des enzymes. Certaines priorités ont été établies pour les recherches futures sur les enzymes dans les aliments pour animaux (http://www.idrc.ca/books/focus/821/chp12.html).

Contenu du chapitre *Notes en bas de page* *Table des matières*

4.5.3 Capacité de réception

A) Transformation des déchets

Les entreprises canadiennes de transformation des aliments ont tendance à se concentrer sur leurs activités de base, et la plupart d'entre elles ne sont pas disposées à élaborer ou à acquérir des technologies leur permettant de transformer leurs déchets en sous-produits à valeur ajoutée. Les entreprises de transformation des aliments envisagent habituellement deux solutions : évacuer leurs déchets ou les vendre à des entreprises spécialisées dans la gestion des déchets. Les promoteurs de technologies dans les universités ou les laboratoires gouvernementaux transfèrent habituellement leur savoir-faire à ces entreprises spécialisées dans la gestion des déchets ou créent eux-mêmes des entreprises lorsque des avantages économiques et environnementaux ont été clairement démontrés. Des technologies ont été adoptées pour la production de plastiques biodégradables (http://www.bioenvelop.com), de biopolymères (http://www.chitogenics.ns.ca), d'engrais et de conditionneurs de sol (http://www.ibrcorp.com), (http://www.nationalchallenge.com) et de liants pour viande (http://www.mtgplace.com/com/fna/1154S278.HTM).

B) Technologie des enzymes dans les aliments pour animaux

La collectivité agricole et l'industrie des aliments pour animaux se sont montrées très réceptives face à la technologie des enzymes dans les aliments pour animaux, car des avantages économiques et environnementaux ont été démontrés. Les activités de recherche du Centre de recherches de Lethbridge d'AAC ont donné lieu à plusieurs brevets sur des technologies enzymatiques destinées à l'industrie des bovins laitiers et de boucherie. Des licences pour certaines de ces technologies ont été octroyées à des entreprises américaines (http://res.agr.ca/leth/rep1027.htm), ce qui indique qu'il existe probablement peu d'entreprises canadiennes pouvant exploiter et commercialiser ces technologies à l'échelle mondiale. La capacité de réception de la technologie des enzymes dans les industries des porcins et de la volaille devrait également être assez élevée.

Contenu du chapitre *Notes en bas de page* *Table des matières*

4.5.5 Évaluation du secteur

La biotechnologie peut contribuer à assainir la production dans l'industrie de la transformation des aliments

de trois façons : la transformation des déchets, la réduction des déchets et le remplacement des procédés chimiques par des procédés enzymatiques plus doux. Contrairement à d'autres secteurs (p. ex. pâtes et papiers ou énergie), les avantages environnementaux de la biotechnologie dans l'industrie de la transformation des aliments ne sont toutefois pas les facteurs stimulants. Les enzymes et les bioprocédés sont mis au point principalement pour améliorer la qualité des aliments ou pour accroître le rendement d'un procédé, mais ils sont souvent associés à des avantages pour l'environnement, car les procédés enzymatiques exigent généralement des températures plus basses et des pressions plus faibles que les procédés chimiques.

Les grandes quantités de déchets organiques produits par l'industrie de la transformation des aliments et l'industrie des aliments pour animaux provoquent toutefois des préoccupations environnementales importantes, et plusieurs laboratoires universitaires et gouvernementaux considèrent la biotechnologie comme un outil pour la transformation ou la réduction des déchets. Des technologies prometteuses ont été mises au point, mais la capacité de réception de ces technologies est restée limitée, principalement parce que les grands transformateurs d'aliments ne considèrent généralement pas la transformation des déchets comme une activité essentielle. Par conséquent, les technologies présentant les meilleures possibilités économiques ont été transférées à un petit nombre d'entreprises qui se spécialisent dans la valorisation des déchets ou à des entreprises issues des travaux de recherche dans le domaine. Cette tendance devrait se poursuivre et sera influencée par les facteurs suivants : efficacité du transfert de technologie entre la R-D et les organismes récepteurs, une réglementation de l'environnement favorable que les entreprises pourront respecter sans investir trop de temps et d'argent, la possibilité de réunir des capitaux pour la démonstration de technologies prometteuses, et le démarrage d'entreprises, l'accès à des incubateurs pouvant fournir des conseils en matière de gestion et des avis scientifiques dans les premiers stades d'une jeune entreprise, et la collaboration ou la formation d'alliances stratégiques entre les producteurs et les utilisateurs de déchets.

Notes en bas de page:

1. Current Opinion in Biotechnology, 1999, Vol. 10, p 321-323.
   Retour au text

2. OCDE (1998) La biotechnologie au service de produits et de procédés industriels propres, p. 52.
   Retour au text

Page précédente *Table des matières* *Page suivante*

Aide Quoi de neuf Carte du site Opinion Contexte English Haut de la page

Canada
http://strategis.ic.gc.ca

Auteur - Industrie Canada - Direction générale des sciences de la vie

Date de diffusion - 2000-10-24

5. Programmes et stratégies gouvernementaux

5.1 Programmes de soutien à la recherche scientifique et à l'innovation technologique
5.2 Évaluation et gestion des risques
5.3 Canadian Biotechnology Strategy
5.4 Stratégie relative au changement climatique
5.5 Stratégie de développement durable
5.6 Opportunités pour une meilleure coordination

Les trois principaux déterminants de l'adoption de bioproduits et de bioprocédés industriels plus propres sont les progrès scientifiques et technologiques, les facteurs économiques liés aux forces du marché et les initiatives gouvernementales. Selon les conclusions de l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE)[1], ® il se peut que les mesures adoptées par les pouvoirs publics en vue de promouvoir la propreté des produits et procédés industriels aient l'incidence la plus décisive sur la mise au point et l'utilisation industrielle des procédés biotechnologiques propres ¯. La présente section examine certains programmes et stratégies du gouvernement fédéral ayant trait à une production plus propre et à la biotechnologie dans une perspective systémique (en d'autres mots, ces mesures sont-elles ou peuvent-elles être utilisées en synergie dans le but d'exploiter à fond toutes les potentialités de la biotechnologie aux fins de l'économie d'énergie et de la réduction des émissions de gaz à effet de serre et de substances toxiques au Canada?).

Contenu du chapitre *Notes en bas de page* *Table des matières*

5.1 Programmes de soutien à la recherche scientifique et à l'innovation technologique

Un certain nombre de programmes fédéraux appuient divers aspects de la science et de l'innovation se rapportant à la biotechnologie et à une production plus propre[2] :

- recherche fondamentale et appliquée en sciences et en génie (CRSNG);
- collaboration entre les universités et l'industrie aux fins de la R-D (CRSNG);
- Réseaux de Centres d'excellence (CRSNG);
- financement de recherches sur les enjeux environnementaux liés à la génomique sous les auspices de Génome Canada (EC);

- R-D industrielle (PARI-CNRC, ministères et organismes fédéraux à vocation scientifique);
- mise au point et démonstration de technologies industrielles (PTC-IC);
- recherche et développement dans le secteur de l'énergie (PRDE);
- validation de technologies axées sur l'environnement (EC, CNRC).

De plus, certains organismes comme le Conseil national de recherches du Canada pilotent des programmes internes visant à appuyer leurs employés qui veulent mettre sur pied une entreprise. Il existe aussi des stimulants fiscaux favorisant la création de capital de risque commandité par les travailleurs.

Bien qu'il y a certains programmes qui appuient un éventail complet d'activités allant de la recherche fondamentale à la mise à l'échelle et à la démonstration, il faut renforcer les liens entre ces programmes et les mécanismes de transfert entre eux. Actuellement, il est aussi difficile d'établir des priorités pour l'ensemble du système (recherche, développement, démonstration et validation de technologies).

Un autre enjeu concernant les programmes tient au fait que, dans d'autres pays, on prévoit une augmentation importante des budgets consacrés à la R-D et à la démonstration de technologies axées sur une production propre ainsi que des produits chimiques et des formes d'énergie renouvelables. Aux États-Unis, dans le budget pour l'année 2001, le président Clinton propose des augmentations de l'enveloppe budgétaire et des stimulants fiscaux pour un montant de 2,4 milliards de dollars US destinés à la lutte contre le réchauffement climatique[3]. La mise au

point de technologies propres qui ne produisent que peu d'émissions fait partie des objectifs visés. On propose aussi d'augmenter les sommes actuellement consacrées à la recherche de combustibles tirés de la biomasse, les faisant passer de 196 millions de dollars US à 436 millions de dollars US, une hausse nette de plus de 120 %. Le budget prévoit également un plan de crédits d'impôt de 2,1 milliards de dollars US pour les entreprises qui produisent des combustibles propres. Ce printemps, l'Allemagne projette de lancer un programme de plusieurs millions de marks axé sur la biotechnologie et la durabilité industrielle. Le Royaume-Uni prépare aussi un lancement d'un programme de 11 millions de livres sterling destiné à stimuler la recherche et le développement dans les applications environnementales de la génomique.

Contenu du chapitre *Notes en bas de page* *Table des matières*

5.2 Évaluation et gestion des risques

Les nouveaux produits doivent être évalués en fonction des risques pour la santé humaine et pour l'environnement, et si l'on découvre qu'ils représentent une menace, il faudra gérer ces risques. La *Loi canadienne sur la protection de l'environnement* (LCPE), appliquée par Environnement Canada et Santé Canada, est un instrument complet que les autorités fédérales peuvent utiliser pour l'évaluation des nouveaux produits et la gestion des risques découlant de leur utilisation. La *Loi sur les semences*, appliquée par Agriculture et Agroalimentaire Canada, régit l'évaluation et la gestion des risques liés aux plantes et arbres nouveaux comme ceux que l'on pourrait employer aux fins de l'aménagement intensif des forêts et dans les plantations visant la production de biomasse. D'autres lois et règlements peuvent également s'appliquer à l'utilisation de la biotechnologie pour une production plus propre; on peut en obtenir une liste en consultant des outils comme BRAVO (Bureau virtuel de la réglementation de la biotechnologie).

La réglementation environnementale inclut généralement des mesures de pénalité afin de s'assurer que les compagnies respectent les normes environnementales. Cependant il y a peu d'incitatifs fiscaux qui encouragent les compagnies à remplacer leurs anciens produits et procédés polluants par d'autres plus propres; bien au contraire, les coûts et le temps consacrés à une présentation réglementaire peuvent constituer un obstacle, surtout pour les petites entreprises qui essaient d'obtenir des capitaux et d'être concurrentielles dans un secteur évoluant aussi rapidement que celui de la biotechnologie.

Il est nécessaire d'évaluer l'impact environnemental potentiel qui pourrait résulter des projets ayant reçu un financement du gouvernement fédéral. Il serait souhaitable d'intégrer la mesure du rendement et de l'incidence sur le plan environnemental aux activités de mise au point et de démonstration de technologies (en particulier dans le cas des biotechnologies qui sont censées être plus propres). Si l'on adoptait cette approche, on pourrait avoir des programmes qui couvrent une partie des coûts rattachés à l'acquisition de données expérimentales pour une présentation réglementaire, ce qui rendrait la réglementation moins dissuasive en regard de l'adoption de produits et procédés plus propres. En outre, on aurait un outil plus performant pour gérer la mise au point de bioproduits et de bioprocédés, qui permettrait de détecter plus rapidement les risques de répercussions environnementales, à un stade où les sommes investies dans la technologie et les coûts de la modification de la technologie seraient encore relativement abordables.

Contenu du chapitre *Notes en bas de page* *Table des matières*

5.3 Stratégie canadienne en matière de biotechnologie

Dans le cadre de la Stratégie canadienne en matière de biotechnologie (SCB), sept ministères fédéraux[4] ont accepté de collaborer à la coordination des initiatives fédérales relatives à la biotechnologie. Un certain nombre de groupes de travail interministériels fédéraux ont été créés, dont les activités sont axées entre autres sur la R-D, la réglementation, les communications avec le public et l'accès aux marchés internationaux; des gestionnaires principaux issus des sept ministères sont chargés d'administrer l'ensemble du processus. Certains de ces gestionnaires participent aussi au Processus national sur le changement climatique. Les groupes de travail chargés de la SCB et la structure de gestion en place fournissent une meilleure base pour la coordination au palier fédéral, de même qu'entre le gouvernement fédéral et les gouvernements provinciaux. Cependant, un enjeu comme la biotechnologie au service d'une production industrielle plus propre touche bon nombre de ces groupes de travail et, jusqu'à présent, il n'y a pas de mécanismes bien établis pour la détermination et la gestion efficace de ces enjeux de portée générale. En outre, il y a présentement peu de dialogue entre les intervenants qui pilotent des stratégies importantes comme celles sur la biotechnologie, sur le changement climatique ou sur le développement durable, qui pourraient se soutenir mutuellement dans leur évolution et leur mise en application.

Contenu du chapitre *Notes en bas de page* *Table des matières*

5.4 Stratégie relative au changement climatique

Le Processus national sur le changement climatique a été créé dans le but d'élaborer une stratégie nationale et un plan de mise en oeuvre pour aider le Canada à atteindre ses objectifs de réduction des émissions de gaz à effet de serre. Le problème du changement climatique est un puissant facteur de motivation pour l'adoption de procédés industriels plus propres et éconergétiques et pour le virage vers une économie axée toujours davantage sur les matières premières renouvelables, et ce phénomène nous incite à agir sans tarder. La biotechnologie est reconnue comme un aspect important du volet innovation dc la stratégie relative au changement climatique. Il y a donc des opportunités intéressantes à établir des liens avec la Stratégie canadienne en matière de biotechnologie. Comme exemple de liens nécessaires à ce chapitre, mentionnons le suivi des négociations internationales sur ce qui sera considéré comme un puits de carbone, car la définition de ces puits aura une forte incidence sur les investissements dans des biotechnologies relatives à la production et à l'utilisation de la biomasse. Un autre exemple se rapporte à l'utilisation du Mécanisme de développement propre, qui permettrait à des entreprises ou organisations canadiennes d'obtenir des crédits de carbone en retour du transfert à des pays en développement de technologies plus propres fondées sur des procédés biotechnologiques.

Contenu du chapitre *Notes en bas de page* *Table des matières*

5.5 Stratégie de développement durable

Le gouvernement fédéral s'est engagé à améliorer sa performance par rapport au développement durable. Chaque ministère et organisme doit élaborer sa propre stratégie et définir ses objectifs et ses cibles; en outre, un comité interministériel a été formé, dont le mandat est de coordonner l'ensemble des initiatives. On commence à comprendre l'incidence de la biotechnologie sur la durabilité industrielle, mais cette compréhension n'est pas très généralisée, comme on l'a mentionné ci-dessus, et il y a beaucoup d'opportunités à établir des liens entre les groupes qui collaborent à la Stratégie canadienne en matière de biotechnologie et à la Stratégie de développement durable.

Contenu du chapitre *Notes en bas de page* *Table des matières*

5.6 Opportunités pour une meilleure coordination

Le gouvernement fédéral pilote un certain nombre de programmes et d'initiatives stratégiques pouvant faciliter l'exploitation de toutes les possibilités de la biotechnologie en vue d'assainir la production et de réaliser des économies d'énergie au Canada. Il existe un grand potentiel pour la prise de mesures synergiques très diverses, plus particulièrement dans le cadre des principales stratégies mentionnées ci-dessus, et la biotechnologie au service de procédés plus propres et de la durabilité industrielle fournit l'occasion de mettre ce potentiel en valeur.

Notes en bas de page:

1. OCDE, La biotechnologie au service de produits et de procédés industriels propres, p. 12 (1998).

2. CRSNG est le sigle pour Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie; CNRC, Conseil national de recherches du Canada; PARI, Programme d'aide à la recherche industrielle; EC, Environnement Canada; IC, Industrie Canada; PTC, Partenariat technologique Canada; PRDE, Programme de recherche et de développement énergétiques, administré par Ressources naturelles Canada.

3. Chemical Week, ® Clinton Releases Green Budget Plans ¯, 9 février 2000, p. 5.

4. Ministères de l'Industrie, de l'Agriculture et Agroalimentaire, de l'Environnement, de la Santé, des Ressources naturelles, des Pêches et des Océans et ministère des Affaires étrangères et du Commerce international.

Page précédente *Table des matières* *Page suivante*

Aide Quoi de neuf Carte du site Opinion Contexte English Haut de la page

Canada

http://strategis.ic.gc.ca

Auteur - Industrie Canada - Direction générale des sciences de la vie

Date de diffusion - 2000-10-24

6. Évaluation et prochaines étapes proposées pour le PRDE

6.1 Évaluation
6.2 Prochaines étapes proposées pour le PRDE

Contenu du chapitre *Notes en bas de page* *Table des matières*

6.1 Évaluation

Il est clair que l'économie et l'environnement canadiens de même que la qualité de vie des citoyens du pays peuvent bénéficier des activités de recherche et de développement, ainsi que de l'utilisation de la biotechnologie pour une production plus propre et des économies d'énergie dans un certain nombre de secteurs industriels clés. Mais pour y arriver, il faudra constamment réaliser des progrès scientifiques et technologiques et adopter des politiques de soutien à l'innovation.

Le Canada possède un vaste potentiel de recherche en sciences chimiques et biologiques ainsi que dans les disciplines connexes de l'ingénierie. Certains programmes gouvernementaux disposent de fonds pouvant soutenir une gamme complète d'activités, depuis la recherche fondamentale jusqu'à la démonstration de technologies (voir la section 5.1). On trouve aussi une masse critique de sociétés axées sur la mise au point de technologies qui possèdent l'expertise en biotechnologie nécessaire à la fabrication de produits nouveaux et à la mise au point des procédés de fabrication appropriés. Les principales industries réceptrices se trouvent dans les secteurs de l'énergie, de la foresterie, des produits chimiques et des matières plastiques. Le Canada possède d'importantes ressources liées à la biomasse et il est reconnu comme un chef de file en matière de biotechnologie végétale. Il se trouve donc dans une position idéale pour devenir la plate-forme de développement de la prochaine génération d'industries ® vertes ¯ axées sur les ressources et les substances chimiques, qui misent sur les matières premières renouvelables issues de la biomasse et qui utilisent la biotechnologie pour atteindre le degré d'efficacité écologique et de productivité requis pour assurer une durabilité à long terme.

Les éléments permettant de tirer parti de ces possibilités sont en place, mais il existe aussi un certain nombre de lacunes et d'obstacles. Sur le marché, il y a actuellement peu de demande pour les combustibles propres ou les produits chimiques dérivés de matières premières renouvelables liées à la biomasse[1]. Les industries axées sur les ressources ont une faible capacité de réception en ce qui a trait aux technologies et aux procédés

biologiques. Les sociétés de mise au point de biotechnologies sont en majorité de petites entreprises et ont de la difficulté à obtenir des investissements ou à susciter l'intérêt des industries axées sur les ressources. Les recherches multidisciplinaires nécessaires à l'avancement des sciences biologiques et de la biotechnologie pour un avenir durable sont fragmentées et il y a peu de consensus sur les priorités ou la façon de les établir.

En 1997-1998, des consultations sur les applications environnementales de la biotechnologie ont été menées auprès de l'industrie et d'autres intervenants dans le cadre du renouvellement de la Stratégie canadienne en matière de biotechnologie. Ces consultations ont permis de répertorier les problèmes[2] mentionnés ci-dessous, qui doivent être réglés si l'on veut accroître l'efficacité du système d'innovation en matière de biotechnologie industrielle:

1. Il faut appuyer davantage les projets de démonstration et de validation des technologies de façon à pouvoir évaluer le rendement économique et environnemental des nouveaux bioprocédés et bioproduits à une échelle réaliste. Il s'agit d'un facteur clé pour stimuler l'intérêt des industries utilisatrices et les inciter à adopter ces technologies.
2. On doit mettre au point des protocoles validés scientifiquement pour évaluer les répercussions, les avantages environnementaux ainsi que la durabilité des bioproduits et des bioprocédés plus propres et intégrer ces protocoles au processus d'innovation.
3. Il importe de promouvoir et d'appuyer la recherche stratégique, et d'établir les priorités à cet égard, en misant à la fois sur les connaissances du milieu scientifique relativement aux tendances et aux progrès en matière de science et de technologie, et sur celles des intervenants de l'industrie concernant les tendances et les développements sur les marchés mondiaux.
4. On doit perfectionner les compétences des ingénieurs et du personnel technique des industries utilisatrices afin de promouvoir dans ces industries l'adoption et l'adaptation de technologies liées aux bioprocédés. À cette fin, il faut élaborer des programmes de recyclage professionnel et modifier les programmes d'études actuels pour y intégrer des possibilités de formation pertinente en biologie.
5. Le public doit être informé des avantages de la biotechnologie industrielle et de la façon dont les risques potentiels sont gérés avant la mise en marché des produits afin d'éviter la formation d'une opinion publique défavorable et la perte de la confiance des consommateurs.

Contenu du chapitre *Notes en bas de page* *Table des matières*

6.2 Prochaines étapes proposées pour le PRDE

A) Consultations plus ciblées

Considérant les problèmes déjà mentionnés, il faut prévoir des consultations mieux ciblées avec les représentants de l'industrie, du milieu scientifique et du public, qui seraient axées précisément sur la biotechnologie et l'efficacité énergétique, les émissions de gaz à effet de serre et une production plus propre. Ces discussions viseraient à établir un programme mieux ciblé, bénéficiant d'un appui important, pour les activités relatives à la R-D et à la démonstration de technologies. Une série d'ateliers régionaux et provinciaux est prévue pour l'exercice 2000-2001, qui serviront de tribune pour ce type de discussions et seront axés sur les applications d'une biotechnologie propre adaptées à l'économie et à l'environnement de la

région et de la province.

B) Examen des progrès à l'échelle internationale

Pour amorcer ces consultations, il faut compléter la présente étude, axée plus particulièrement sur le Canada, par une analyse plus systématique des progrès à l'échelle internationale concernant des biotechnologies plus propres (c.-à-d. avec une efficacité énergétique accrue et moins d'émissions de gaz à effet de serre et de substances toxiques), et par un inventaire d'études de cas documentées faisant état de ce type d'avantages.

C) Établissement de guides technologiques

Les consultations régionales et provinciales aideront à l'identification de représentants de l'industrie et de la communauté scientifique qui pourraient ensuite se réunir dans le cadre d'un atelier national afin d'établir des priorités de recherche plus précises à l'aide du processus fondé sur les guides technologiques instauré par le U.S. Department of Energy. Le document intitulé *Technology Roadmap for Plant/Crop-Based Renewable Resources 2020* est un guide technologique qui pourrait servir de modèle pour l'établissement d'un guide canadien (ou peut-être d'une série de guides sectoriels) tenant compte des différences entre la situation qui prévaut aux États-Unis et le contexte canadien.

D) Élaboration d'un plan de travail

Les consultations régionales ou provinciales faciliteront l'élaboration et la validation d'un plan de travail échelonné sur quatre ans dans le cadre du volet sur la biotransformation du Programme de recherche et de développement énergétiques piloté par le Bureau de la recherche et du développement énergétiques (PRDE-BRDE). Parmi les éléments clés que l'on pourrait prévoir dans ce plan, mentionnons les suivants :

6. promouvoir la R-D multidisciplinaire et multisectorielle ainsi que les projets pilotes sur la biotechnologie et la production propre;
7. favoriser la croissance de nouvelles entreprises axées sur la mise au point de biotechnologies dans ce secteur, qui sont issues des laboratoires universitaires et gouvernementaux, en appuyant les projets d'alliances stratégiques;
8. encourager les projets pilotes mettant à contribution des groupes d'entreprises qui pourraient collaborer à la mise au point et à la fabrication de divers types de produits à partir des mêmes réserves de ressources renouvelables;
9. stimuler la collaboration internationale en matière de R-D afin de faciliter l'accès à toute expertise essentielle et/ou technologie non disponible au Canada.

Notes en bas de page:

1. Aux États-Unis, le président Clinton a annoncé le 12 août 1999 l'établissement d'objectifs visant une utilisation accrue de la biomasse renouvelable pour la production d'énergie et de produits chimiques, ce qui stimule efficacement le développement d'un marché pour les combustibles et les produits chimiques dérivés de la biomasse et pour les biotechnologies apparentées.

2. Bon nombre de ces problèmes ont été abordés lors d'un atelier intitulé ® Les besoins des secteurs industriels en développement durable et le potentiel de la biotechnologie ¯, qui a eu lieu le 2 février 2000 à l'Institut de recherche en biotechnologie du Conseil national de recherches du Canada.

Page précédente *Table des matières* *Page suivante*

Auteur - Industrie Canada - Direction générale des sciences de la vie

Date de diffusion - 2000-10-24

6. Évaluation et prochaines étapes proposées pour le PRDE

6.1 Évaluation

6.2 Prochaines étapes proposées pour le PRDE

Contenu du chapitre *Notes en bas de page* *Table des matières*

6.1 Évaluation

Il est clair que l'économie et l'environnement canadiens de même que la qualité de vie des citoyens du pays peuvent bénéficier des activités de recherche et de développement, ainsi que de l'utilisation de la biotechnologie pour une production plus propre et des économies d'énergie dans un certain nombre de secteurs industriels clés. Mais pour y arriver, il faudra constamment réaliser des progrès scientifiques et technologiques et adopter des politiques de soutien à l'innovation.

Le Canada possède un vaste potentiel de recherche en sciences chimiques et biologiques ainsi que dans les disciplines connexes de l'ingénierie. Certains programmes gouvernementaux disposent de fonds pouvant soutenir une gamme complète d'activités, depuis la recherche fondamentale jusqu'à la démonstration de technologies (voir la section 5.1). On trouve aussi une masse critique de sociétés axées sur la mise au point de technologies qui possèdent l'expertise en biotechnologie nécessaire à la fabrication de produits nouveaux et à la mise au point des procédés de fabrication appropriés. Les principales industries réceptrices se trouvent dans les secteurs de l'énergie, de la foresterie, des produits chimiques et des matières plastiques. Le Canada possède d'importantes ressources liées à la biomasse et il est reconnu comme un chef de file en matière de biotechnologie végétale. Il se trouve donc dans une position idéale pour devenir la plate-forme de développement de la prochaine génération d'industries ® vertes ¯ axées sur les ressources et les substances chimiques, qui misent sur les matières premières renouvelables issues de la biomasse et qui utilisent la biotechnologie pour atteindre le degré d'efficacité écologique et de productivité requis pour assurer une durabilité à long terme.

Les éléments permettant de tirer parti de ces possibilités sont en place, mais il existe aussi un certain nombre de lacunes et d'obstacles. Sur le marché, il y a actuellement peu de demande pour les combustibles propres ou les produits chimiques dérivés de matières premières renouvelables liées à la biomasse[1]. Les industries axées sur les ressources ont une faible capacité de réception en ce qui a trait aux technologies et aux procédés

biologiques. Les sociétés de mise au point de biotechnologies sont en majorité de petites entreprises et ont de la difficulté à obtenir des investissements ou à susciter l'intérêt des industries axées sur les ressources. Les recherches multidisciplinaires nécessaires à l'avancement des sciences biologiques et de la biotechnologie pour un avenir durable sont fragmentées et il y a peu de consensus sur les priorités ou la façon de les établir.

En 1997-1998, des consultations sur les applications environnementales de la biotechnologie ont été menées auprès de l'industrie et d'autres intervenants dans le cadre du renouvellement de la Stratégie canadienne en matière de biotechnologie. Ces consultations ont permis de répertorier les problèmes[2] mentionnés ci-dessous, qui doivent être réglés si l'on veut accroître l'efficacité du système d'innovation en matière de biotechnologie industrielle:

1. Il faut appuyer davantage les projets de démonstration et de validation des technologies de façon à pouvoir évaluer le rendement économique et environnemental des nouveaux bioprocédés et bioproduits à une échelle réaliste. Il s'agit d'un facteur clé pour stimuler l'intérêt des industries utilisatrices et les inciter à adopter ces technologies.
2. On doit mettre au point des protocoles validés scientifiquement pour évaluer les répercussions, les avantages environnementaux ainsi que la durabilité des bioproduits et des bioprocédés plus propres et intégrer ces protocoles au processus d'innovation.
3. Il importe de promouvoir et d'appuyer la recherche stratégique, et d'établir les priorités à cet égard, en misant à la fois sur les connaissances du milieu scientifique relativement aux tendances et aux progrès en matière de science et de technologie, et sur celles des intervenants de l'industrie concernant les tendances et les développements sur les marchés mondiaux.
4. On doit perfectionner les compétences des ingénieurs et du personnel technique des industries utilisatrices afin de promouvoir dans ces industries l'adoption et l'adaptation de technologies liées aux bioprocédés. À cette fin, il faut élaborer des programmes de recyclage professionnel et modifier les programmes d'études actuels pour y intégrer des possibilités de formation pertinente en biologie.
5. Le public doit être informé des avantages de la biotechnologie industrielle et de la façon dont les risques potentiels sont gérés avant la mise en marché des produits afin d'éviter la formation d'une opinion publique défavorable et la perte de la confiance des consommateurs.

Contenu du chapitre *Notes en bas de page* *Table des matières*

6.2 Prochaines étapes proposées pour le PRDE

A) Consultations plus ciblées

Considérant les problèmes déjà mentionnés, il faut prévoir des consultations mieux ciblées avec les représentants de l'industrie, du milieu scientifique et du public, qui seraient axées précisément sur la biotechnologie et l'efficacité énergétique, les émissions de gaz à effet de serre et une production plus propre. Ces discussions viseraient à établir un programme mieux ciblé, bénéficiant d'un appui important, pour les activités relatives à la R-D et à la démonstration de technologies. Une série d'ateliers régionaux et provinciaux est prévue pour l'exercice 2000-2001, qui serviront de tribune pour ce type de discussions et seront axés sur les applications d'une biotechnologie propre adaptées à l'économie et à l'environnement de la

région et de la province.

B) Examen des progrès à l'échelle internationale

Pour amorcer ces consultations, il faut compléter la présente étude, axée plus particulièrement sur le Canada, par une analyse plus systématique des progrès à l'échelle internationale concernant des biotechnologies plus propres (c.-à-d. avec une efficacité énergétique accrue et moins d'émissions de gaz à effet de serre et de substances toxiques), et par un inventaire d'études de cas documentées faisant état de ce type d'avantages.

C) Établissement de guides technologiques

Les consultations régionales et provinciales aideront à l'identification de représentants de l'industrie et de la communauté scientifique qui pourraient ensuite se réunir dans le cadre d'un atelier national afin d'établir des priorités de recherche plus précises à l'aide du processus fondé sur les guides technologiques instauré par le U.S. Department of Energy. Le document intitulé *Technology Roadmap for Plant/Crop-Based Renewable Resources 2020* est un guide technologique qui pourrait servir de modèle pour l'établissement d'un guide canadien (ou peut-être d'une série de guides sectoriels) tenant compte des différences entre la situation qui prévaut aux États-Unis et le contexte canadien.

D) Élaboration d'un plan de travail

Les consultations régionales ou provinciales faciliteront l'élaboration et la validation d'un plan de travail échelonné sur quatre ans dans le cadre du volet sur la biotransformation du Programme de recherche et de développement énergétiques piloté par le Bureau de la recherche et du développement énergétiques (PRDE-BRDE). Parmi les éléments clés que l'on pourrait prévoir dans ce plan, mentionnons les suivants :

6. promouvoir la R-D multidisciplinaire et multisectorielle ainsi que les projets pilotes sur la biotechnologie et la production propre;
7. favoriser la croissance de nouvelles entreprises axées sur la mise au point de biotechnologies dans ce secteur, qui sont issues des laboratoires universitaires et gouvernementaux, en appuyant les projets d'alliances stratégiques;
8. encourager les projets pilotes mettant à contribution des groupes d'entreprises qui pourraient collaborer à la mise au point et à la fabrication de divers types de produits à partir des mêmes réserves de ressources renouvelables;
9. stimuler la collaboration internationale en matière de R-D afin de faciliter l'accès à toute expertise essentielle et/ou technologie non disponible au Canada.

Notes en bas de page:

1. Aux États-Unis, le président Clinton a annoncé le 12 août 1999 l'établissement d'objectifs visant une utilisation accrue de la biomasse renouvelable pour la production d'énergie et de produits chimiques, ce qui stimule efficacement le développement d'un marché pour les combustibles et les produits chimiques dérivés de la biomasse et pour les biotechnologies apparentées.

2. Bon nombre de ces problèmes ont été abordés lors d'un atelier intitulé ® Les besoins des secteurs industriels en développement durable et le potentiel de la biotechnologie ¯, qui a eu lieu le 2 février 2000 à l'Institut de recherche en biotechnologie du Conseil national de recherches du Canada.

Page précédente *Table des matières* *Page suivante*

Aide Quoi de neuf Carte du site Opinion Contexte English Haut de la page

Canada

http://strategis.ic.gc.ca

Auteur - Industrie Canada - Direction générale des sciences de la vie Date de diffusion - 2000-10-24

7.0 Annexes

7.1 Groupe d'étude de l'OCDE sur les biotechnologies au service d'un développement industriel durable

7.2 Enquête de Statistique Canada sur l'utilisation de la biotechnologie par les industries canadiennes

7.3 Évaluation des bioprocédés et des bioproduits en fonction de la durabilité

Contenu du chapitre *Notes en bas de page* *Table des matières*

7.1 Groupe d'étude de l'OCDE sur les biotechnologies au service d'un développement industriel durable

La présente annexe passe brièvement en revue l'initiative du Groupe de travail.

A) Contexte

® *La biotechnologie industrielle est parvenue à maturité.*[1] ¯

® *Le cadre est en place pour un virage de l'industrie des produits chimiques vers une approche axée sur la biologie au XXIe siècle*[2]. ¯

Le moment est propice à la mise en oeuvre d'une initiative visant à appuyer la diffusion dans l'industrie de biotechnologies respectueuses de l'environnement. Les progrès réalisés grâce à des initiatives de ce genre reposent sur la compréhension et l'utilisation des trois éléments déterminants de l'adoption de bioproduits et de bioprocédés plus propres, soit :

- les progrès scientifiques et techniques;
- les facteurs économiques liés aux forces du marché;
- les politiques gouvernementales, qui sont influencées par l'opinion publique.

Le succès dépendra de l'effet combiné de ces trois facteurs déterminants à l'échelon national et international. Il s'agit d'un problème complexe, dont la solution est particulière à chaque pays et qui requiert une coordination de la politique internationale. Le Groupe d'étude sur les biotechnologies au service d'un développement industriel durable s'est donné le mandat d'élaborer et de mettre en oeuvre un plan de travail

visant l'élaboration de projets et la formulation de recommandations stratégiques aux gouvernements, qui contribueront à l'avancement des recherches, ainsi qu'à la mise au point, à la démonstration, à l'évaluation et à l'adoption de biotechnologies au service de produits et de procédés industriels plus propres dans les pays industrialisés et les pays en développement.

B) Approche stratégique

Le groupe d'étude a défini les quatre projets clés ci-dessous.

- **Profil du pays** - déterminer les intervenants clés de l'industrie, de la communauté scientifique et des instances politiques gouvernementales afin de stimuler le réseautage international.
- **Évaluation de la technologie en vue de la durabilité** - élaborer une méthodologie permettant de déterminer si une biotechnologie particulière est ® plus propre ¯ et ® plus durable ¯ que la technologie classique correspondante.
- **Communication et éducation** - élaborer un guide fournissant une ® liste de contrôle ¯ pour l'élaboration de plans nationaux dans ce domaine.
- **Répercussions des politiques** - déterminer comment définir et mettre en oeuvre dans chaque pays une série de mesures stratégiques visant à assurer la diffusion des biotechnologies respectueuses de l'environnement dans le secteur industriel et à déterminer le type de coordination stratégique internationale nécessaire en regard de certaines ententes internationales (p. ex., protocole sur la biosécurité, commerce international, changement climatique).

Les quatre projets sont conçus de façon à favoriser une habilitation et un soutien réciproques:

- Il faut établir un profil des intervenants clés de l'industrie, du milieu scientifique et des instances politiques gouvernementales d'un pays afin de comprendre la situation de la biotechnologie orientée vers une production plus propre dans ce pays et de répertorier les débouchés et les types de collaboration nationale ou internationale possibles en vue de l'adoption de ces applications biotechnologiques.

- On doit mettre en place une méthode efficace pour l'évaluation du rendement économique et environnemental des biotechnologies et fournir des directives sur l'utilisation de cette méthode pour aider à déterminer quelles sont les biotechnologies prometteuses et renseigner l'industrie, les investisseurs, le gouvernement et le public sur les possibilités offertes et les avantages associés à l'adoption de ce genre de technologies.
- Pour une diffusion efficace des avantages environnementaux et économiques qui découlent de biotechnologies plus propres, il faut disposer d'informations convaincantes obtenues grâce à l'évaluation de la technologie de même que d'une stratégie et de collaborateurs pouvant informer les intervenants de l'industrie, les investisseurs, le gouvernement et le public.
- Il faut obtenir des intervenants clés leur avis sur des politiques efficaces afin d'inciter les décideurs gouvernementaux à éliminer les obstacles au perfectionnement de ces technologies et à faire des investissements stratégiques dans ces technologies pour améliorer la qualité de vie de leurs concitoyens.

C) Objectifs

D'ici 2001, le Groupe de travail vise les résultats suivants :

- une passerelle d'information sur le réseau Internet, qui donnera accès aux profils des pays et à d'autres renseignements;
- un guide rédigé en termes simples indiquant comment tirer le meilleur parti possible des avantages liés à l'adoption de biotechnologies pour accroître l'efficacité et obtenir une production plus propre;
- un guide servant de liste de contrôle pour l'élaboration de plans nationaux en matière de communications et d'éducation;
- un document à l'intention des décideurs des gouvernements portant sur les considérations et options politiques qui inciteraient l'industrie à adopter et à utiliser des biotechnologies plus propres.

Contenu du chapitre *Notes en bas de page* *Table des matières*

7.2 Enquête de Statistique Canada sur l'utilisation de la biotechnologie par les industries canadiennes

En 1997, Statistique Canada a publié les résultats de l'Enquête sur l'utilisation de la biotechnologie par les industries canadiennes[3] pour l'année 1996. L'enquête a été effectuée auprès de toutes les sociétés canadiennes dont le chiffre d'affaires annuel était d'au moins 5 millions de dollars et dont le code de classification type des industries (CTI) correspondait aux secteurs suivants :

- foresterie
- mines
- pétrole brut et gaz
- aliments
- boissons
- tabac
- produits du cuir
- textiles de première transformation
- produits du textile
- produits du bois
- papier et produits connexes
- imprimerie et édition
- fabrication de produits métalliques
- produits raffinés du pétrole et du charbon
- autres (y compris les instruments scientifiques)

Les entreprises ont été interrogées sur leur utilisation de 22 biotechnologies clairement définies, depuis l'ADN recombinant jusqu'aux méthodes classiques de reproduction de plantes et d'animaux. Voici quelques-uns des principaux résultats obtenus:

- 14 % des entreprises, soit 271, ont répondu qu'elles utilisaient une ou plusieurs biotechnologies;
- deux secteurs représentaient 52 % de l'utilisation de biotechnologies (aliments; papier et produits connexes);
- 25 % de toutes les entreprises axées sur les ressources avaient recours à la biotechnologie environnementale;

- la période écoulée depuis le début de l'utilisation de la biotechnologie se situait en moyenne entre 17 ans pour les entreprises du secteur de l'alimentation et 2,8 années pour les sociétés d'exploitation minière;
- très peu d'entreprises prévoyaient l'adoption d'une biotechnologie pendant les deux années à venir;
- de toutes les biotechnologies, c'est la biotechnologie environnementale qui était la plus susceptible d'être adoptée;
- les principaux obstacles à l'adoption de biotechnologies par le groupe des non-utilisateurs étaient le manque d'information, d'expertise scientifique ou de biotechnologies disponibles à l'échelle commerciale dans leur secteur;
- les principaux obstacles à l'adoption de biotechnologies par le groupe des utilisateurs étaient les coûts élevés de l'équipement, la réglementation, le manque d'incitatifs financiers et le manque de biotechnologies disponibles à l'échelle commerciale dans leur secteur;
- parmi les entreprises qui font appel à la biotechnologie, 88 % ont investi dans ce domaine en 1996;
- de toutes les entreprises qui ont recours à la biotechnologie environnementale, 72 % ont signalé que le principal avantage était la réduction des dommages pour l'environnement, 45 % ont mentionné une diminution des coûts, et 36 % ont indiqué une augmentation de la productivité.

Contenu du chapitre *Notes en bas de page* *Table des matières*

7.3 Évaluation des bioprocédés et des bioproduits en fonction de la durabilité

La technologie, y compris la biotechnologie, lorsqu'elle est utilisée pour une production moins polluante, peut générer des avantages sur le plan économique, environnemental et social, mais il importe aussi d'évaluer le rendement de toute technologie à différentes étapes de sa mise au point afin de s'assurer que les avantages qui en découlent sont bien réels.

L'évaluation de la technologie a dépassé le stade de l'estimation des seuls avantages économiques. Idéalement, l'évaluation de la technologie devrait fournir des outils permettant de garantir son rendement optimal sous les trois aspects - économique, environnemental et social - qui constituent les éléments de base de l'évaluation de la durabilité. Dans un pays donné, le rendement optimal atteint grâce à ces outils dépendra de la valeur relative accordée aux avantages et à l'impact particuliers d'une technologie sur le plan économique, environnemental et social.

Les outils d'évaluation de l'impact économique d'une technologie sont au point et il existe des systèmes de comptabilisation qui fournissent le cadre de cette analyse.

Ces dernières années, les outils d'évaluation environnementale ont atteint un degré de perfectionnement élevé[4], et l'on considère actuellement l'analyse du cycle de vie (ACV) comme étant le meilleur outil pour évaluer la propreté d'un produit ou procédé industriel[5]; cependant, il faut pousser les recherches plus loin afin de rendre cet outil plus facilement applicable aux biotechnologies.

L'évaluation de l'incidence sociale de la technologie est une science en développement et il y a peu de consensus concernant les paramètres ou les critères dont il faut tenir compte.

Au Canada, un groupe de travail formé entre autres de représentants d'Environnement Canada, du Conseil

national de recherches du Canada et d'Industrie Canada a commencé à explorer des moyens d'adapter des méthodologies existantes en vue de mettre au point ce genre d'outil d'évaluation intégré[6].

Notes en bas de page:

1. La biotechnologie au service de produits et de procédés industriels propres. OCDE, 1998.
   Retour au texte

2. Biotechnology's Impact on the Chemical Industry. Decision Resources Inc. 1998.
   Retour au texte

3. Données tirées de : Diffusion des biotechnologies au Canada. Document de recherche de Statistique Canada, n° 88F0017MPB, n° 6, février 1999.
   Retour au texte

4. Il existe maintenant un certain nombre de normes et d'organisations internationales, comme l'ISO, qui sont axées sur l'évaluation et les normes environnementales.
   Retour au texte

5. OCDE (1998). La biotechnologie au service de produits et de procédés industriels propres. Page 12.
   Retour au texte

6. Pour plus d'information, communiquer avec Terry McIntyre d'Environnement Canada ou Dave Minns de RNCan.
   Retour au texte

Page précédente *Table des matières*

Aide Quoi de neuf Carte du site Opinion Contexte English Haut de la page

Canada

http://strategis.ic.gc.ca